

JOÃO ROSALDO VOLLERTT JUNIOR

***CONFIABILIDADE E FALHAS DE CAMPO: UM ESTUDO DE
CASO PARA MELHORIA DA CONFIABILIDADE DE UM
PRODUTO E DO REPARO, ATRAVÉS DE UM PROCEDIMENTO
SISTEMÁTICO DE COLETA DE DADOS***

**Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal de Santa Catarina
para obtenção do grau de Mestre em
Engenharia de produção**

Florianópolis

1996

JOÃO ROSALDO VOLLERTT JUNIOR

**CONFIABILIDADE E FALHAS DE CAMPO: UM ESTUDO DE
CASO PARA MELHORIA DA CONFIABILIDADE DE UM
PRODUTO E DO REPARO, ATRAVÉS DE UM PROCEDIMENTO
SISTEMÁTICO DE COLETA DE DADOS**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de mestre em Engenharia, especialidade em Engenharia de Produção, e aprovada em sua forma final pelo programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC.



Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D

Coordenador

Banca Examinadora:



Profa. Vera Lúcia do Valle Pereira, Dra.

Orientadora



Prof. Osmar Possamai, Dr



Profa. Olga Regina Cardoso, Dra



Prof. Jorge Coelho, Dr

Dedico esta dissertação à João Rosaldo Vollertt, meu pai, pelo apoio que sempre me deu e aos meus irmãos.

A Lucimara e a todos os colegas do programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção pelo companheirismo e amizade que me proporcionaram durante este trabalho.

Agradecimentos

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da UFSC , por toda a dedicação e infra-estrutura oferecida sem a qual não seria possível a realização deste trabalho.

À professora e orientadora Vera Lúcia Duarte do Valle Pereira e Hypólito do Valle Pereira pela orientação e condições oferecidas para realizar este trabalho.

À Lucimara que fez parte de todo este trabalho, incentivando-me e auxiliando-me nos momentos mais difíceis.

Aos Professores da Engenharia Mecânica Nelson Back e Edson da Rosa, da Engenharia Elétrica Professor Hanz e Professor Jorge Coelho pelo apoio que deram na indicação de referências bibliográficas e quanto ao acesso de material disponível.

Ao Professor Osmar Possamai pelo apoio que deu em todos os momentos em que discutimos o assunto aqui apresentado.

Ao Fernando e a todos os funcionários do Amauri Veículos que permitiram a realização deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (Cnpq), pelo apoio oferecido em termos de recursos, que tornaram possível este trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	I
LISTA DE TABELAS	II
LISTA DE ABREVIATURAS	III
GLOSSÁRIO	IV
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII

CAPÍTULO 1 1

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.3 JUSTIFICATIVA	2
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA EM FORMA DE PERGUNTAS	3
1.5 HIPÓTESES	4
1.6 RELEVÂNCIA DO TRABALHO	4
1.7 LIMITAÇÃO DO TEMA DE PESQUISA	5
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO	5

CAPÍTULO 2 7

2. REVISÃO DA LITERATURA	7
2.1 INTRODUÇÃO	7
2.2 O QUE É CONFIABILIDADE?	7
2.3 CLASSIFICAÇÃO E DEFINIÇÃO DE FALHA	8
2.4 CONFIABILIDADE E GARANTIAS	11
2.5 ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE	15
2.6 NORMAS DE CONFIABILIDADE MANUTENIBILIDADE	16
2.7 TAREFAS DA CONFIABILIDADE	18
2.7.1 TAREFAS DA CONFIABILIDADE DURANTE A FASE DE PROJETO	18
2.7.1.1 PREVISÃO DA CONFIABILIDADE	21

2.7.1.2 ANÁLISE DO MODO E EFEITO DA FALHA -FMEA (FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS)	22
2.7.1.3 ÁRVORE DE FALHAS	26
2.7.2 TAREFAS DA CONFIABILIDADE DURANTE A FASE DE TESTES	28
2.7.2.1 Testes de Crescimento da Confiabilidade	29
2.7.2.2 Teste de triagem de estresse ambiental (ESS) e Burn-in	31
2.8 POR QUE O FABRICANTE NÃO CONSEGUE PREVER AS FALHAS?	32
2.8.1 MELHORANDO O PROCESSO DE PREVISÃO	39
2.9 A IMPORTÂNCIA DOS DADOS DE CONFIABILIDADE DE CAMPO	41
2.10 LIMITAÇÕES DOS DADOS DE CONFIABILIDADE DE CAMPO	43
2.11 FEEDBACK DE CAMPO	44
2.12 QUAIS DADOS DE CONFIABILIDADE DE CAMPO SÃO IMPORTANTES PARA O FABRICANTE?	46
2.12.1 FATORES AMBIENTAIS	46
2.12.2 FATORES OPERACIONAIS	48
2.12.2.1 Mau uso ou uso indevido do produto	48
2.12.2.2 Taxa de uso do produto	49
2.12.2.3 Taxa de Potência do produto	50
2.12.3 SINTOMA DAS FALHAS	51
2.12.4 DIAGNÓSTICO OBSERVADO DURANTE O REPARO	51
2.12.5 ÍNDICES DA CONFIABILIDADE	52
2.12 CONCLUSÃO	54
 <u>CAPÍTULO 3</u>	 <u>55</u>
 3. ESTUDO DE CASO	 55
3.1 INTRODUÇÃO	55
3.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA	56
3.3 METODOLOGIA	56
3.4 DADOS SOBRE A ASSISTÊNCIA TÉCNICA	57
3.5 COMO O FABRICANTE AVALIA OS SERVIÇOS DA ASSISTÊNCIA	

TÉCNICA	58
3.6 TAREFAS EXIGIDAS PELO FABRICANTE	58
3.7 COMO É REALIZADO O FEEDBACK DE CAMPO	59
3.7 DADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO MANUAL TÉCNICO DO PRODUTO	60
3.8 DADOS DE FALHAS COLETADOS PELA ASSISTÊNCIA TÉCNICA	64
3.9 A DIFICULDADE DE SE OBTER DADOS SOBRE OS FATORES	
OPERACIONAIS	65
3.9.1 TAXA DE USO	65
3.9.2 TAXA DE POTÊNCIA	66
3.9.3 MAU USO	67
3.10 CONCLUSÃO	69
 <u>CAPÍTULO 4</u>	 <u>72</u>
 4. MODELO PROPOSTO	 72
4.1 INTRODUÇÃO	72
4.2 JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DA TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO	72
4.2 TÉCNICAS DE DIAGNÓSTICO	73
4.2.1 TÉCNICA <i>ANAMNESE</i>	73
4.3 MODELO PROPOSTO	75
ETAPA 1: HISTÓRICO DO PROBLEMA	76
ETAPA 2: DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DOS POSSÍVEIS PROBLEMAS	83
ETAPA 3: TESTE PARA DETECTAR O SISTEMA FALHADO	83
ETAPA 4: DADOS DO DIAGNÓSTICO ANTES DO REPARO	85
ETAPA 5: DIAGNÓSTICO OBSERVADO DURANTE O REPARO	86
ETAPA 6: FEEDBACK DE CAMPO	87
4.4 PROPOSTAS DE SOLUÇÕES QUANTO AOS FATORES OPERACIONAIS.	89
4.4.1 TAXA DE USO	89
4.4.2 MAU USO	91

<u>CAPÍTULO V</u>	<u>93</u>
5.1 CONCLUSÕES FINAIS	93
5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	95
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	<u>97</u>
<u>ANEXOS</u>	<u>102</u>
ANEXO 3: MATRIZ FMEA	104
ANEXO 4: PONTUAÇÕES DOS ÍNDICES DE OCORRÊNCIA, SEVERIDADE E DETECÇÃO DA MATRIZ FMEA	105
ANEXO 5: SIMBOLOGIA PARA APLICAR UMA ÁRVORE DE FALHAS	106
ANEXO 6: PESQUISA ENVIADA PELO FABRICANTE AO CLIENTE PARA AVALIAR A SATISFAÇÃO DO CLIENTE COM RELAÇÃO AOS SERVIÇOS DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA.	107
ANEXO 7: PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PARA O SERVIÇO DE INSPEÇÃO DE ENTREGA	108
ANEXO 8: PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PARA SERVIÇOS GERAIS	109
ANEXO 9: PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE PARA OS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO	110

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DAS FALHAS SEGUNDO BLASHE (1994)	9
FIGURA 2. 2: POLÍTICA DE GARANTIA PRÓ-RATA, BERKE & ZAINO (1991)	13
FIGURA 2.3: POLÍTICA DE GARANTIA COMBINADA, BERKE & ZAINO (1991)	14
FIGURA 2.4: ESTRUTURA PARA DESENVOLVER UMA ÁRVORE DE FALHA , HENLEY & KUMAMOTO(1981)	27
FIGURA 2.5: GERÊNCIA DOS TESTES DE CONFIABILIDADE, BIEDA (1991)	31
FIGURA 2.6: PROCESSO PARA ATUALIZAÇÃO DA MELHOR ESTIMATIVA DA CONFIABILIDADE, GIUNTINI (1993)	40
FIGURA 2.7: SISTEMA DE FEEDBACK DE CAMPO E AÇÕES CORRETIVAS, BRALL (1994)	45
FIGURA 3.1: ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA	57
FIGURA 3.2: FEEDBACK DE CAMPO DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO FABRICANTE.	60
FIGURA 4.1: TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO, FLETCHER (1993)	75
FIGURA 4.2: MODELO PROPOSTO PARA COLETAR INFORMAÇÕES SOBRE AS FALHAS DE CAMPO	76
FIGURA 4.3: PROCEDIMENTO PARA AUXILIAR A DETECTAR A FALHA	85
FIGURA 4.4: MÉTODO PARA O FABRICANTE ANALISAR OS DADOS DE CAMPO	87

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 2.1: Evolução da técnica FMEA, Dussat (1984)</i>	23
<i>Tabela 2.2: Diferença do MTBF previsto pela norma MIL-HDBK-217 e o MTBF real de campo, Pecht (1994).</i>	34
<i>Tabela 3.1: Número total de mudanças de acordo com a natureza da mudança</i>	61
<i>Tabela 3.2: Mudanças que ocorreram em função da sua origem</i>	61
<i>Tabela 3.3: Número de mudanças em função da origem da reclamação</i>	63
<i>Tabela 4.1: Matriz de aplicação da técnica anamnese com o cliente</i>	82
<i>Tabela 4.2: Matriz de dados obtidos dos diagnóstico antes, durante e após o reparo</i>	83

LISTA DE ABREVIATURAS

FMEA: Failure Mode and Effects Analysis (análise do modo e efeito da falha);

FMECA: Failure Mode and Effects Criticality Analysis (análise crítica do modo e efeito da falha);

MTTF: Mean Time to Failure (tempo médio até ocorrer a primeira falha);

MTBF: Mean Time Between Failure (tempo médio entre falhas);

MTTR: Mean Time to Repair (tempo médio até efetuar o reparo);

ESS: Environmental Stress Screening (triagem de estresse ambiental);

FTA: Fault Tree Analysis;

QMTF: Quilometragem Média até Ocorrer a Primeira Falha;

CEP: Controle Estatístico do Processo;

TQC: Controle Total da Qualidade;

CT: Consultor Técnico;

MTP: Manual Técnico do Produto;

FISS: Sistema de Comunicação Direta com o Fabricante.

GLOSSÁRIO

Falhas de Campo: falhas que ocorrem com o produto na posse do usuário;

Confiabilidade: probabilidade de que um item desempenhe a sua função pretendida sem falhar, sob determinadas condições especificadas e por um determinado período de tempo;

Estresse: fatores ambientais (temperatura, pressão, poeira, umidade, vibração, etc) ou operacionais (mau uso, taxa de uso, etc) que afetam a confiabilidade do produto;

FMEA: metodologia utilizada durante o desenvolvimento do produto para encontrar as falhas de um produto ou processo, suas causas e efeitos;

FMECA: metodologia idêntica ao FMEA, mas que acrescenta ao método uma análise de criticidade da falha, em termos de severidade, dificuldade de detecção, e probabilidade de ocorrência da falha;

Trade-off's de projeto: método utilizado para escolher entre as várias alternativas e critérios envolvidos com o projeto (custo, desempenho, confiabilidade, tempo de desenvolvimento, produtividade, qualidade, etc) e determinar o ótimo balanço entre estas alternativas, com o objetivo de otimizar o desempenho total do sistema;

Previsão da Confiabilidade: processo para estimar a confiabilidade de um produto, antes da verdadeira utilização;

ESS: método de teste utilizado para fazer uma triagem nos produtos produzidos, com relação aos estresses ambientais;

Burn-in: método de teste como o ESS, com a diferença de que o tempo de aplicação dos estresses é maior, mas o nível de aplicação destes é menor;

MTTF: índice de medição da confiabilidade, utilizado para produtos e/ou componentes, no qual o tempo para a ocorrência da primeira falha é muito importante;

MTBF: índice de medição da confiabilidade, utilizado para produtos reparáveis, onde o tempo médio entre falhas é muito importante;

MTTR: índice de medição utilizado para itens reparáveis. Uma das medidas da eficiência do reparo é avaliada conforme o tempo médio demorado para realizar o reparo.

RESUMO

Esta dissertação de mestrado, tem o objetivo de fazer uma análise de como é feito o feedback de campo da assistência técnica com o fabricante, em relação aos dados de confiabilidade do produto. Será analisado quais dados de confiabilidade são coletados pela assistência técnica, qual a dificuldade para coletar determinados dados e os incentivos fornecidos pelo fabricante para coletá-los. Após então, é proposta uma metodologia a ser implementada, utilizando a técnica de diagnóstico que inclui uma aplicação da técnica de Anamnese com o cliente para obter informações dos sintomas da falha, e obtendo informações do pessoal envolvido com o reparo.

ABSTRACT

This work offer an model to collect informations about the failures ocorred in the field (with the customer) and will be analysed and repaired by technical assistance. The model to collect informations is well founded in the diagnostic technical, used by medicals to diagnostic the sisease in the pacient and in the tecnical *Anamnese*. Before will be showed which the manufacturer can't predict the failures and they occur in the field, and the data about reliability and failures that should collected by the manufacturer and technical assistance

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

1.1 Problema de Pesquisa

Para o mercado atual a confiabilidade é um dos requisitos mais importantes. Vários fabricantes estão fornecendo, atualmente aos seus clientes, maiores prazos de garantia, como uma estratégia para ganhar ou se manterem competitivos no mercado. Para um fabricante fornecer um determinado prazo de garantia, ele necessita conhecer a confiabilidade do seu produto, a fim de determinar o tempo permitido, de modo que os custos envolvidos com os reparos, durante estes prazos oferecidos, acabem não trazendo prejuízo ao fabricante.

As várias técnicas de confiabilidade, que são aplicadas durante todo o ciclo de vida do produto, existem a fim de evitar que falhas ocorram quando o produto está na mão do usuário (campo). Mas mesmo aplicando-as, elas ocorrem devido à dificuldade de predizer com certeza, todas as falhas e os fatores que levaram-na a ocorrer.

Devido a este motivo, o feedback de campo é uma das etapas mais importante do programa de confiabilidade, para que o fabricante saiba o que está acontecendo com o produto no campo.

Durante o prazo de vigência das garantias, quem coleta estes dados para alguns produtos é a assistência técnica. Esta não informa ao fabricante todos os dados necessários para que este tome uma ação precisa para corrigir o problema e evitar ocorrências futuras. Isto ocorre pela falta de incentivos e treinamento do fabricante à assistência técnica.

1.2 Objetivos

Os objetivos a serem alcançados para resolver o problema de feedback de campo são:

a) Objetivos Gerais:

- Propor um modelo para coletar dados precisos para a confiabilidade de campo ;

b) Objetivos Específicos:

- Fazer um levantamento genérico de quais dados de confiabilidade são coletados no campo por uma assistência técnica, e enviados ao fabricante;
- Qual a dificuldade de coletar determinados dados de campo;
- Verificar como é realizado o feedback de campo;
- Verificar quais dados ainda devem ser levantados;

1.3 Justificativa

Dados da confiabilidade no campo, são muito importantes para que o fabricante saiba:

- Como está se comportando o seu produto no campo;
- Para propor ações corretivas em função de problemas ocorridos no campo e que não foram preditos nas fases anteriores do ciclo de vida (projeto, testes, produção, etc);
- Para evitar ocorrências futuras das mesmas falhas em outros produtos

- Para verificar os gastos com as garantias.

Mas se os dados de campo não forem precisos e completos, as informações chegam distorcidas ao fabricante e podem ocasionar soluções inadequadas ao problema, assim como um desperdício de recursos em termos do tempo envolvido para coletar tais informações, mão de obra necessária para coletá-las e equipamentos necessários para transmiti-las {[Majeske & Herrin (1995)], [Lakey (1991)], [Hansen & Thyregod (1991)], [NENOFF (1983)]}.

1.4 Problema de Pesquisa em Forma de Perguntas

As seguintes perguntas serão respondidas durante o decorrer desta dissertação:

- Quais dados de confiabilidade são coletados pela assistência técnica?
- Qual a validade destes dados em termos de precisão?
- Quais dados de confiabilidade são importantes para o fabricante e por quê?
- Qual a dificuldade existente em coletar tais dados?
- Como estes dados são informados ao fabricante?
- Qual o incentivo em termos de metodologia e recursos oferecidos pelo fabricante à assistência técnica para coletar tais dados?
- Como deveria ser um método para coletar os dados importantes ao fabricante e que tenham uma determinada precisão e confiabilidade?

1.5 Hipóteses

Para o problema a ser analisado, algumas hipóteses foram consideradas e entre elas pode-se citar:

- Muitos problemas ocorrem no campo devido à dificuldade de o fabricante predizer todos os fatores envolvidos com o produto em seu uso real;
- As assistências técnicas não coletam todos os dados necessários ao fabricante da confiabilidade do produto no campo;
- Muitos dados que chegam ao fabricante são imprecisos.

1.6 Relevância do Trabalho

Muitos trabalhos têm sido realizados propondo métodos para melhorar a confiabilidade do produto durante as fases de projeto, testes, fabricação, montagem e transporte. Alguns trabalhos têm mostrado os fatores que levam o fabricante a não conseguir prever todas as falhas que ocorrem com o produto no campo {[Balaban (1984)], [Pecht (1994)], [Miller & More (1991)], [Harris & O'Connor (1984)], [O'Connor (1988)]} e as causas desta dificuldade de previsão, assim como a importância dos dados de campo [Brall(1994)]. Mas pouco tem sido feito quanto a propor métodos eficazes para coletar os dados de confiabilidade com precisão.

1.7 Limitação do tema de pesquisa

A pesquisa se limita à análise de um determinado produto (automóvel), e apenas a uma assistência técnica.

Como validade dos dados obtidos, esta dissertação se restringe apenas a este caso analisado, mas esta metodologia pode ser aplicada a quase todas as assistências técnicas, devido ao fato de os tipos de dados necessários não variarem muito, independentemente do produto a ser analisado.

1.8 Estrutura do Trabalho

O capítulo 2 traz a revisão bibliográfica, onde é dada uma breve introdução sobre o que é confiabilidade, as implicações envolvidas com as garantias, as técnicas mais utilizadas durante as várias fases do ciclo de vida, por que o fabricante não consegue prever as falhas que ocorrem com o produto no campo, a importância dos dados de campo e suas limitações, e traz um levantamento sucinto de todos os dados de campo da confiabilidade do produto que são importantes para o fabricante.

O capítulo 3 traz a justificativa para a escolha do produto e da assistência técnica escolhida para a realização deste trabalho. Relata a importância da assistência técnica para o fabricante com relação à coleta dos dados de confiabilidade, mostra porque determinados dados não são coletados pela assistência técnica, a dificuldade de se obter alguns dados, a necessidade do fabricante em obter tais dados, os incentivos oferecidos pelo fabricante para coletá-los e como eles são informados ao fabricante.

O capítulo 4 fornece uma proposta de metodologia a ser utilizada para coletar os dados de confiabilidade que são importantes ao fabricante, utilizando a técnica de Anamnese com o usuário, através de dados coletados antes e durante o reparo e como o fabricante deve analisar tais dados. Neste capítulo também são feitas sugestões quanto aos fatores operacionais envolvidos.

O capítulo 5, então traz recomendações e conclusões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Introdução

Fabricantes estão se conscientizando de que a inconfiabilidade de seus produtos acarreta altos custos de reparo (correção do problema) durante os prazos de vigência das garantias, assim como a perda da imagem da empresa através da insatisfação dos clientes.

Por esta razão e devido ao mercado competidor que está oferecendo aos clientes prazos de garantia cada vez maiores, fabricantes estão estudando e aplicando os métodos da engenharia da confiabilidade, a fim de melhorar a confiabilidade de seus produtos e também para poder prever o tempo permitido e os gastos envolvidos com as garantias.

2.2 O que é confiabilidade?

Segundo O'Connor (1988), confiabilidade é o estudo sobre as falhas que podem ocorrer com o produto durante o seu ciclo de vida, ou seja não é um simples cálculo da taxa de falha ou da probabilidade de um componente ou sistema falhar, mas sim a procura, análise, avaliação e correção de todas as falhas que podem ocorrer com o produto, em todo o seu ciclo de vida.

Embora existam várias definições sobre confiabilidade, a mais utilizada é: “ confiabilidade é a probabilidade de que um item desempenhe a sua função pretendida sem falhar, sob determinadas

condições especificadas e por um determinado período de tempo especificado”. O exemplo a seguir esclarece esta definição.

Um produto pode possuir uma confiabilidade de 99,9% durante algumas horas e em determinadas condições como: a uma dada temperatura ambiente, pressão atmosférica e umidade, isento de poeiras, com baixas vibrações e com uma utilização correta por parte do usuário. Se qualquer uma destas condições variar, normalmente a confiabilidade do produto também varia.

Portanto confiabilidade não é apenas a probabilidade de um item não falhar, mas também o estudo de todos os fatores que contribuem para a ocorrência da falha.

2.3 Classificação e definição de falha

O problema com relação a especificar critérios de falha é que normalmente a classificação é muito subjetiva, diferentes usuários podem ter expectativas diferentes com relação ao desempenho do produto. Também pode haver uma diversidade entre usuário e fabricante em relação ao que é exatamente um desempenho degradado ou falha [Blashe (1994)].

Defeitos tal como mudanças na aparência ou uma degradação menor que não afetem a função (desempenho) não são relevantes para a confiabilidade. Contudo às vezes uma degradação percebida é uma indicação de que uma falha ocorrerá e portanto tais incidentes podem ser classificados como falha.

Para a confiabilidade defeito é uma característica que não afeta a função desempenho, e falha é uma característica que afeta a função desempenho.

O critério de classificação de falha utilizado por Blashe (1994) é mostrado na figura 2.1

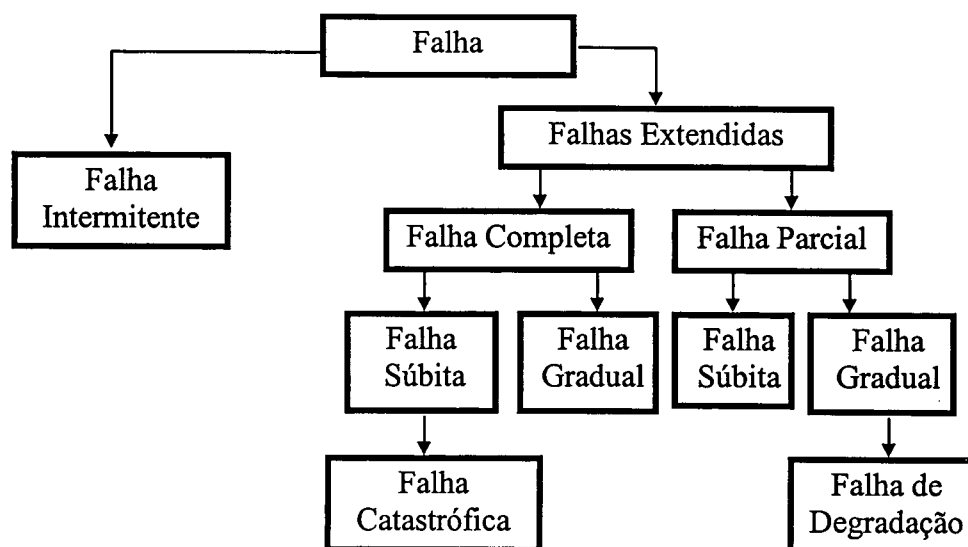


FIGURA 2.1 MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO DAS FALHAS , BLASHE (1994)

A definição de cada tipo de falha é descrito abaixo:

Falha Intermitente: Falha que resulta na falta de alguma função do produto, apenas por um curto período de tempo. O componente volta completamente ao seu estado funcional imediatamente após a falha.

Falha Extendida: Falha que resulta em uma falta de algumas funções, e que continuarão até que as partes falhadas sejam substituídas ou reparadas. Falhas extendidas se dividem em dois tipos:

- *Falha Completa:* Falha que causa uma falta completa de uma função exigida.
- *Falha Parcial:* Falha que conduz a uma falta de algumas funções, mas não como a falha completa, pois pode-se utilizar redundâncias para contornar o problema até que a falha seja corrigida.

Ambas as falhas completa e parcial ainda podem ser classificadas de acordo com a subitaneidade com que acontece a falha:

Falha Súbita: Falhas que não poderiam ser prevenidas através de testes e inspeção.

Falha Gradual: Falha que poderia ser prevista através de teste e Inspeção.

As falhas ainda podem ser combinadas para dar a seguinte classificação:

Falhas Catastróficas: Falhas que são ambas Súbita e Completa.

Falha de Degradação: Falhas que são ambas Parcial e Gradual

As falhas além disso, segundo Blashe (1994), podem ser classificadas como:

Falhas de Desgaste: Falhas atribuídas ao processo normal de desgaste de um equipamento.

Falhas de Mau Uso: Falhas atribuídas a aplicação de estresse, além das capacidades especificadas do item.

Falhas Inerentes a Fragilidade: Falhas devido a erros de projeto, produção ou montagem, que faz com que o item falhe quando sujeito a stress dentro das capacidades especificadas.

Uma outra proposta de classificação de falha é sugerido pela norma MIL-STD-781 que define dois tipos de falha:

Falha não Relevante: Uma falha causada por uma condição externa que não é um requisito do produto e não é esperada a ser encontrada no campo durante o uso do produto.

Falha Relevante: Uma falha que é um requisito do produto e poderia razoavelmente ocorrer no campo.

2.4 Confiabilidade e Garantias

O cliente quando adquire um produto, está aceitando que este poderá falhar em algum instante no futuro. Este enfoque é freqüentemente acoplado com uma garantia, que pode estar em lei ou não, de forma que ele possa reivindicar de falhas que possam ocorrer dentro de um período de tempo especificado [O'Connor (1988)].

Sempre dentro do período de garantia, o cliente é protegido caso o produto falhe uma, duas ou várias vezes, visto que o contrato especifica que o fabricante substituirá ou reparará o produto durante o prazo de garantia. Se o produto falha muitas vezes, o fabricante sofrerá com altos custos de garantia e o cliente sofrerá com as inconveniências causadas pela não confiabilidade do produto. Fora do período de garantia, apenas o cliente sofre, mas em qualquer caso o fabricante possivelmente sofrerá com a perda da imagem da empresa.

Um outro fator muito importante é que o fabricante promete reparar ou substituir o produto, apenas se o usuário utilizar o produto conforme os requisitos operacionais indicados normalmente em manuais de produtos. Os manuais são uma forma de o fabricante se proteger do uso indevido do produto, como em condições operacionais fora das especificações, ou mau uso, através de recomendações operacionais do produto ao cliente. Mas até que ponto o fabricante pode provar que a falha ocorreu devido ao mau uso do produto? Se o fabricante possui um programa de confiabilidade adequado, através de dados de registro de testes ele consegue provar, caso contrário não.

As especificações operacionais recomendadas pelo fabricante, podem também ser encaradas como uma forma de o fabricante se proteger da falta de robustez de seu produto em operar em diversos ambientes e com diversos fatores afetando-o.

Tradicionalmente, uma garantia fornece uma restituição em termos de substituição ou reparo livre de gastos para o comprador, se o produto não atender as especificações. Segundo Berke & Zaino (1991), o valor ou importância de uma garantia depende fortemente do ponto de vista em que ela é olhada. Compradores necessitam garantias para assegurar que o fabricante assuma responsabilidade/compromissos com o seu produto por um período de tempo especificado. Contudo esta compensação não é inteiramente livre para o comprador, visto que o fabricante espera um certo número de reclamações de garantias e inclui estes custos dentro do preço inicial de um produto.

Grandes garantias servem como um indicador da confiabilidade do produto e podem aumentar as vendas. O período de tempo de uma garantia pode ser influenciado pela competição do mercado. Três tipos de políticas de garantias existentes foram examinadas: a de livre substituição, a pró-rata e a combinada, que serão discutidas a seguir [Berke & Zaino (1991)]:

Garantia de Substituição Livre: Sob esta garantia o fabricante paga o custo inteiro de reparo ou substituição se o produto falhar antes de encerrar o prazo de garantia. Esta política de garantia ainda pode ser dividida em :

- *Política de Substituição Livre Ordinária:* Nesta política o item substituído ou reparado possui uma garantia igual ao tempo restante da garantia original.
- *Política de Substituição Livre Ilimitada:* Nesta política a substituição do item conduz a uma garantia idêntica a garantia original feita durante a compra.

Política Pró-Rata : Nesta política, o custo de substituição ou reparo de um produto para o comprador, depende da idade do produto quando a

falha ocorreu. No início desta garantia os custos a serem pagos pelo cliente são nulos e no final (t) o custo é todo pago pelo cliente. Entre este intervalo (t_i) os custos são ponderados, uma quantia é desembolsada pelo cliente e a outra pelo fabricante. A figura 2.2, mostra como funciona esta garantia.

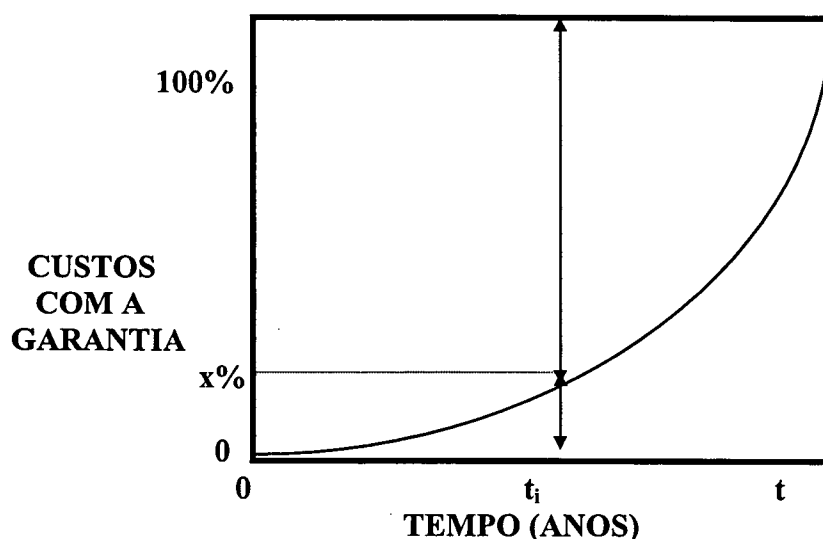


FIGURA 2. 2: POLÍTICA DE GARANTIA PRÓ-RATA, BERKE & ZAINO (1991)

A forma da curva $f(x)$, é uma questão que deve ser pesquisada, de forma a satisfazer tanto o cliente quanto ao fabricante.

Política Combinada: Esta política, combina a garantia de livre substituição com a política pró-rata. É óbvio que para o comprador é melhor a política de garantia de livre substituição em quanto para o fabricante é melhor a política pró-rata. Assim, uma política que envolva um período inicial de substituição livre seguido por um período pró-rata é um compromisso razoável tanto para o fabricante quanto para o usuário. A figura 2.3, mostra como poderia ser esta política combinada.

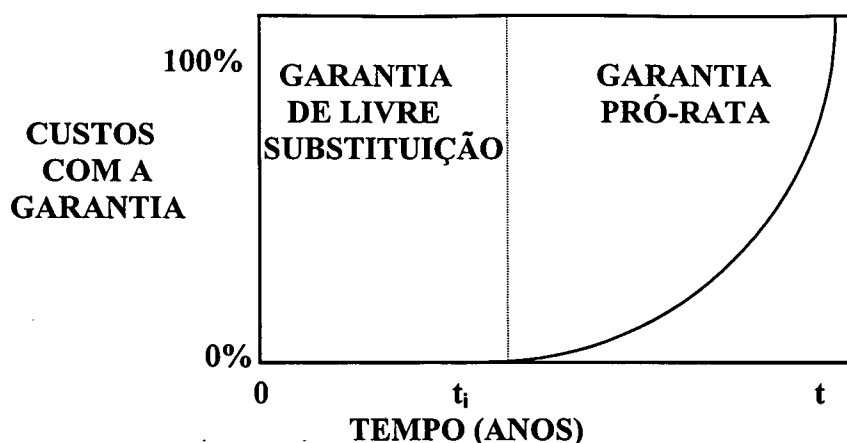


FIGURA 2.3: POLÍTICA DE GARANTIA COMBINADA, BERKE & ZAINO (1991)

A figura 2.3 mostra que até o tempo t_i , o cliente possui uma garantia de livre substituição, ou seja, os custos envolvidos com os reparos são totalmente pagos pelo fabricante. Após este tempo, os custos então são rateados entre cliente e fabricante, conforme visto na figura 2.2.

O enfoque deste trabalho não é demonstrar modelos de custos para cada política citada, mas sim esclarecer os tipos de garantias normalmente utilizadas a fim de decidir a melhor política a ser adotada pela empresa em função da confiabilidade do produto.

Atualmente, para produtos comerciais, a competição do mercado está levando a uma concorrência para maiores prazos de garantia, mas quase todos com uma política de substituição livre ordinária.

O que os fabricantes não entenderam é que o prazo de garantia depende totalmente da confiabilidade do produto: se o produto é confiável, um prazo de garantia maior pode ser dado, senão o fabricante sofrerá com altos custos com reparos durante o prazo de validade da garantia oferecida.

Para produtos comerciais um critério importante é a duração do prazo de garantia medido em dias, meses ou anos. Mas para alguns

produtos, o cliente utiliza-o apenas por um período do dia, mês ou ano. Portanto, é muito importante conhecer a taxa de uso para transformar os dados de confiabilidade medidos durante os testes que normalmente são em horas para dias, meses ou anos.

O método proposto por Sarawgi & Kurtz (1995), faz uma junção da distribuição da taxa de uso e da distribuição da vida obtida durante os testes para traduzir o tempo de uso em termos de dias/meses/anos e não em termos de quantidade de uso. Não será mostrado o método sugerido pelo autor, pois o objetivo é apenas esclarecer a importância de se conhecer a taxa de uso de alguns produtos.

2.5 Engenharia da confiabilidade

Engenharia da confiabilidade consiste da aplicação de um programa de confiabilidade. Um programa de confiabilidade consiste da realização de várias tarefas durante cada fase do ciclo de vida do produto, desde o projeto conceitual até a fase de suporte à manutenção, com o objetivo de entregar ao cliente um produto confiável. Existem várias normas como a norma militar americana (MIL-STD-785), a norma Inglesa (BS-5760 Reliability of Systems, Equipments and Components, British Standards Institution), e a norma internacional IEC-300 (Management Dependability International Eletrotechnical Commission, Anexo 1) [Strandberg (1991)], que são normas que propõem programas de gerenciamento da confiabilidade para cada fase do ciclo de vida do produto. Estas normas estão sendo questionadas hoje quanto a sua validade para produtos comerciais, visto que elas foram desenvolvidas para o propósito militar e para produtos complexos [Sharma (1995)]. Por isso é encontrado uma grande variedade de procedimentos adotados por

várias empresas como o proposto pela General Motors [Blache & Shrivastava (1994), (Anexo 2)], e pela SAE [(Society of Automotive Engineers), Stracener & Breneman (1991)].

2.6 Normas de confiabilidade manutenibilidade

Existem diversas normas que são empregadas para a confiabilidade e manutenibilidade. Serão comentadas a seguir apenas as mais utilizadas, das quais algumas serão citadas durante o decorrer do texto.

US MIL-STD-1629: é uma norma utilizada para aplicação do método FMEA. Ela traz todas as recomendações possíveis para uma aplicação eficiente.

US MIL-STD-1629A: incorpora uma análise de criticidade da falha ao método FMEA da norma anterior.

US MIL-STD-470: norma utilizada para definir os requisitos de um programa de manutenção a ser implementado.

US MIL-STD-756: é uma norma mais utilizada para predições da confiabilidade, na Europa e Estados Unidos. A norma trata dos seguintes assuntos:

- plano de previsão, como uma parte do programa de confiabilidade, relacionado às várias fases do programa de desenvolvimento do produto;

- procedimentos para a realização das predições de confiabilidade, incluindo métodos de modelagem e fonte de dados;
- procedimentos para documentar e registrar as predições.

US MIL-HBK-217: é uma norma como a citada anteriormente para previsão, mas aplicada à equipamentos eletrônicos.

US MIL-STD-1635: norma utilizada para programas de teste de crescimento da confiabilidade.

US MIL-STD-785: é a norma mais conhecida das MIL-STD, que cobre todos os programas de desenvolvimento para o departamento de defesa dos Estados Unidos (DoD - Department of Defense). Ela indica como deve ser implementado um programa de confiabilidade, as tarefas a serem executadas, e em qual fase devem ser aplicadas.

US MIL-STD-810: norma utilizada para os testes de estresse ambiental.

US MIL-STD-2068: norma utilizada para avaliar a confiabilidade durante a fase de desenvolvimento do produto.

US MIL-STD-781: norma utilizada para avaliar a confiabilidade durante a fase de produção.

Além das MIL-STD, a norma inglesa (BS) e as normas do Comitê Internacional de Eletrotécnica (IEC) também possuem normas que são aplicadas à confiabilidade e manutenibilidade do produto.

2.7 Tarefas da Confiabilidade

Como foi dito anteriormente, existem diversas tarefas que são utilizadas durante as várias fases do ciclo de vida, quando adota-se confiabilidade a nível de sistemas. Nesta dissertação será abordada apenas aquelas mais utilizadas e que trazem melhores resultados [Lindsley (1994)].

2.7.1 Tarefas da confiabilidade durante a fase de projeto

A confiabilidade de um produto é fortemente influenciada pelas decisões feitas durante a fase de projeto. Deficiências de projeto afetam todos os itens produzidos e são mais caras de corrigir conforme o desenvolvimento do produto progride. Muitas vezes não é econômico mudar um projeto quando a produção já começou. Portanto é essencial que métodos de projeto sejam usados de maneira a minimizar a possibilidade de falha.

Segundo Pecht (1993), os seguintes passos são necessários para projetar para a confiabilidade:

a) definir requisitos realístico do sistema : todo produto é requerido a operar através de uma variedade de condições ambientais por um período específico de tempo. O fabricante e o cliente devem em conjunto definir os requisitos do sistema.

b) definir o ambiente de uso do sistema: o fabricante e o cliente devem juntamente especificar todas condições operacionais, como de transporte, de armazenamento, etc, relevantes, incluindo cargas mecânicas, elétricas, e térmicas, e devem juntamente avaliar os *trade-off's*.

c) identificar os locais potenciais das falhas e os mecanismos de falha:

toda informação possível sobre os modos de falha potenciais, os locais, e os mecanismos causadores das falhas devem ser identificados precocemente na fase de projeto. O diagrama de Ishikawa (diagrama de causa e efeito) e análise de criticidade do modo e efeito da falha, FMECA (failure mode and effects criticality analysis), podem ser usados para esta análise. O diagrama de Pareto pode ser utilizado para avaliar a importância de cada tipo de falha e determinar, por hierarquia, quais destas são mais importantes.

d) categorizar os materiais e os processos de manufatura e montagem:

todos os materiais devem ser categorizados e suas características principais controladas. Características principais incluem tipos e níveis de defeitos, tanto como variações esperadas nas propriedades e dimensões dos materiais, como em processo de manufatura e montagem. Estas variações podem afetar significativamente o desempenho do produto ao longo do tempo.

f) qualificar o processo de manufatura e montagem:

todos os processos de manufatura e montagem devem ser capazes de produzir o produto. As características principais do processo devem ser identificadas, medidas e otimizadas utilizando projeto de experimentos.

g) controlar os processos de fabricação e montagem:

testes específicos de *screening* ambiental, baseado no resultado dos itens anteriores devem ser usado para detectar e fazer triagem de defeitos.

h) gerenciar o ciclo de vida do produto:

avaliações contínuas através de *feedbacks* de dados de testes de vida, *screening*, projeto, manufatura, do campo, etc, devem ser utilizados para melhorar a qualidade, confiabilidade e custos.

i) sempre que possível o projeto deve ser simplificado: um menor número de componentes sempre é desejável para melhorar a confiabilidade do sistema.

Estes métodos citados, foram desenvolvidos por Pecht (1993), mas os que normalmente são abordados em quase todas as literaturas sobre confiabilidade serão descritos a seguir:

Análise e verificação de projeto: é o uso de métodos científicos, normalmente matemáticos para examinar os parâmetros de projeto e suas interações com o ambiente. Visto que engenheiros utilizam muitas hipóteses, o projeto é freqüentemente realizado através de um processo iterativo ou contínuo de análises e testes que utilizam o conhecimento da engenharia como normas, *Handbooks*, resultado das análises, modelagem, simulação e testes. Hellman & Andery (1995), fornecem um *check list* de itens a serem considerados na revisão do projeto do produto e do processo.

Estudos de *Trade-off* de projeto: o objetivo principal é que, através das várias alternativas e critérios envolvidos em um projeto como, custo, desempenho, confiabilidade, tempo, produtividade, qualidade e outras características, encontrar o ótimo balanço entre estas alternativas com o propósito de otimizar o desempenho total do sistema e reduzir o risco técnico.

Análise dos estresses ambientais: para um projeto bem sucedido, é muito importante que todos os fatores ambientais que interagem com o produto em seu uso real, sejam consideradas. A análise de stress ambiental é o estudo destes fatores, que afetam a confiabilidade do produto no campo. (ver item 2.11.1).

Análise do pior caso: é um método utilizado para avaliar a habilidade de um projeto reunir os requisitos operacionais e ambientais, sobre a pior combinação possível de circunstâncias. Se o desempenho global do

produto ou sistema, permanecer dentro dos limites especificado, então o projeto mostrou ser confiável sob a pior condição possível. O problema deste enfoque é que, por ser rigoroso, normalmente acaba super dimensionando os componentes do produto. Portanto ele deve ser utilizado só em componentes ou subsistemas que não podem falhar ou não se espera falhar.

Método da variação dos parâmetros: Este método é um pouco menos rigoroso, onde varia-se de um a dois parâmetro de projeto por vez aos seus máximos e mínimos, enquanto os outros são mantidos constantes. Se cada parâmetro permanecer dentro dos limites seguros de especificação, o produto poderá desempenhar satisfatoriamente sua função. Também é conhecido como análise de sensibilidade.

Os itens acima funcionam mais como diretrizes para projetar para a confiabilidade. As tarefas mais utilizadas serão descritas a seguir.

2.7.1.1 Previsão da confiabilidade

Previsão é um processo para estimar a confiabilidade de um projeto antes da sua real operação. Os métodos normalmente utilizados segundo Priest (1988), são:

Método do número de componentes: É um método simples baseado na estimativa do número de componentes para cada subsistema. O número total de componentes é sumariado, e então a confiabilidade é calculada através de regras em série ou paralelo, utilizando as taxas de falha de cada componente do sistema.

Método da análise de estresse: Este método leva em conta os efeitos do ambiente operacional e outros estresse na taxa de falha de um

componente. Este método exige informação do projeto detalhado, dos fatores de aplicação ambiental, e informações da confiabilidade do componente. Cada taxa de falha é baseada em uma análise deste estresse para a aplicação particular do projeto.

Método da similaridade de projeto: Este método utiliza avaliações comparativas para desenvolver informações sobre os dados de taxa de falha de componentes similares. A confiabilidade deste método depende do nível de similaridade dos dois componentes.

2.7.1.2 Análise do Modo e Efeito da Falha -FMEA (Failure Mode and Effects Analysis)

Segundo Kara-Zaitri & Keller (1991), FMEA representa uma metodologia potencial e bem documentada para engenheiros apresentarem, de uma maneira formalizada e estruturada, seus pensamentos subjetivos e suas experiências em termos de:

- O que pode estar errado com o componente, subsistema ou sistema?
- O que este erro poderia causar caso ocorresse?
- Quais efeitos este erro teria?

A técnica é uma das ferramentas da confiabilidade mais utilizadas. A tabela 2.1 mostra a evolução do método FMEA e outras técnicas auxiliares:

TABELA 2.1: EVOLUÇÃO DA TÉCNICA FMEA, DUSSAT (1984)

A EVOLUÇÃO DA TÉCNICA FMEA	
FMEA tradicional	suplementos ao FMEA
FMEA tabular (1950)	Análise de Criticidade (1950)
Matriz FMEA (1977)	Análise de Riscos (1950)
Software FMEA (1979)	Método da combinação de falhas (1981)
FMEA aplicado a computadores (1982)	

Análise crítica do modo e efeito da falha (FMECA - Failure Mode and Criticality Analysis), é um dos métodos mais utilizados e mais eficientes de análise da confiabilidade [Pizzo (1994)]. A técnica pode também ser utilizada para analisar as falhas dos processos de manufatura e de suporte logístico.

A metodologia utilizada para realizar esta tarefa é normalmente conhecida e baseada na norma militar americana MIL-STD-1629. A matriz contém no mínimo os seguintes itens: identificação do componente, função, modos de falha, fase do ciclo de vida, efeito, indicação da falha, criticidade da falha e observações. A MIL-STD-1629 e MIL-STD-1629A, fornecem três propostas para a aplicação do método FMEA (ver Anexo 3). A figura 1 do anexo 3 é um método qualitativo que deve ser utilizado para previsão de falhas, ou seja, quando não se conhecem as taxas de falhas dos modos de falhas. A figura 2 do anexo 3 é uma avaliação exclusivamente quantitativa, a figura 3 do anexo 3 é uma avaliação mais completa pois é tanto qualitativa quanto quantitativa, e é o tipo que vem sendo usado com mais frequência.

A seguir serão dadas algumas definições, quanto aos itens que compõe a matriz FMECA.

Tipo ou modo de falha é a descrição da forma com que uma característica de uma parte do produto ou serviço poderia potencialmente

falhar ao desempenhar suas funções, ou não ser adequada ao atendimento das necessidades e expectativas de seus consumidores.

Efeito da falha são as consequências ou o impacto de um determinado tipo de falha sobre os consumidores ou a própria empresa, quando um tipo de falha acontece com o produto/serviço devido ao projeto/processo. Estes efeitos podem ser tanto primários, quando afetam a confiabilidade do produto, quanto secundários, quando não afetam a confiabilidade deste, mas afetam na satisfação do usuário.

Causas da falha, é a descrição dos problemas que podem dar origem a um determinado tipo de falha.

As formas de controle e validação são as formas, padrões e mecanismos utilizados ou previstos para executar, controlar e certificar as atividades de projeto/processo. Isto pode ser conseguido através dos dados de testes, dados históricos anteriores e outros.

Existem alguns índices, que são utilizados para avaliar quantitativamente a gravidade da falha e que serão descritos abaixo.

O índice de ocorrência é o indicador da probabilidade de ocorrência de um determinado tipo de falha, devida a cada uma das várias causas relacionadas.

O índice de severidade de uma falha é o impacto que ela trará aos consumidores e à própria empresa caso esta falha ocorra. Este impacto pode ser em relação a confiabilidade, segurança, custos, perda de tempo e/ou mercado e outros fatores que podem ser relevantes.

O índice de detecção de um modo de falha de um FMEA, é uma estimativa da probabilidade do não reconhecimento dos diversos tipos de falhas que um projeto/processo possa apresentar.

O índice de risco é a multiplicação dos índices de ocorrência, severidade e detecção e tem como objetivo priorizar as ações corretivas, identificar as características críticas do produto/serviço, avaliar a eficácia

das ações tomadas para eliminar as causas, reduzir a severidade e melhorar a sua detecção [MIL STD 1629A].

Existem tabelas prontas para as devidas pontuações dos devidos índices de severidade detecção e ocorrência (anexo 4) que auxiliam na execução do método FMEA.

Alguns fatores são fundamentais para o devido sucesso de aplicação do método. Entre eles, está o conhecimento do produto/processo/serviço por parte dos integrantes do grupo que irá desenvolver o trabalho de aplicação do método, disponibilidade e motivação para trabalhar em grupo, conhecimento de outras ferramentas como diagrama de causa e efeito, Pareto, CEP (Controle Estatístico de Processo), confiabilidade, diagrama de árvore e falhas, e outras. A equipe também deve ser multidisciplinar, a fim de que todas as falhas possíveis do ciclo de vida de um produto/serviço possam ser previstas e evitadas.

A metodologia auxilia a:

- implementar a metodologia de fazer certo pela primeira vez;
- lidar com rápidas mudanças das expectativas dos clientes;
- minimizar o número de reclamações quanto ao produto;
- assegurar uma alta qualidade a um baixo custo;
- incentivar sempre na prevenção ao invés da correção;
- preparar os requisitos de manutenção preventiva;
- auxiliar no planejamento dos testes de confiabilidade.

Algumas críticas, feitas por praticantes, quanto ao método FMEA são:

- o tempo e o custo para aplicar o método são grandes [Dussat (1984)];

- a técnica é percebida como difícil, demorada e monótona [Kara-Zaitri & Keller (1991)];
- o tempo para conduzir a análise é insuficiente;
- há uma falta de incentivo da gerência para aplicar o método.

Alguns pesquisadores como Palumbo (1995), e Kukkal (1993) têm tentado resolver alguns destes problemas citados anteriormente através da automatização do método.

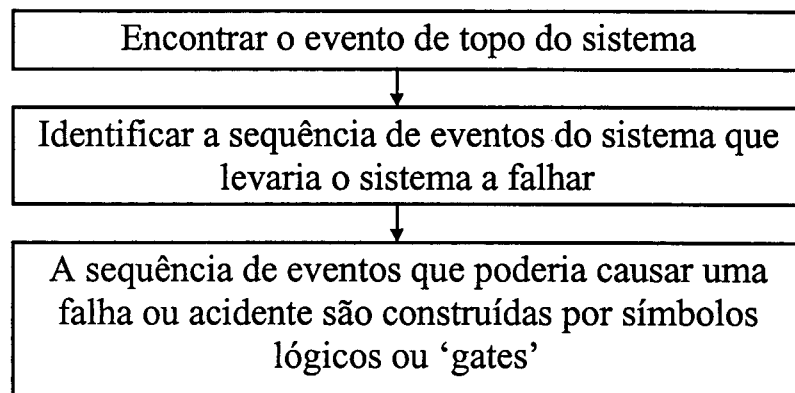
2.7.1.3 Árvore de Falhas

Análise da árvore de falha (FTA - Fault Tree Analysis) é um método sistemático e padronizado, capaz de fornecer bases objetivas para funções diversas tais como análise de modos comuns de falhas em sistemas, justificação de alterações em sistemas, e demonstração de atendimentos a requisitos regulamentares e /ou contratuais [Hellman & Andery (1995)]. As simbologias padronizadas para a aplicação de uma árvore de falha são mostradas no Anexo 5. Os benefícios de uma árvore de falha segundo Henley & Kumamoto (1981), são:

- auxiliar a identificação dos modos de falha;
- pontuar os aspectos importantes do sistema para a falha de interesse;
- fornecer auxílio gráfico para dar visibilidade às mudanças necessárias;
- fornecer opções para análise de confiabilidade quantitativa e qualitativa;

- permitir ao analista se concentrar em uma falha do sistema por vez.

A estrutura para aplicar uma árvore de falhas é mostrada na figura 2.4.



**FIGURA 2.4: ESTRUTURA PARA DESENVOLVER UMA ÁRVORE DE FALHA ,
HENLEY & KUMAMOTO(1981)**

As finalidades de uma árvore de falha segundo Hellman & Andery (1995) são:

- estabelecimento de um método padronizado de análise de falhas ou problemas, verificando como ocorrem em um produto ou processo;
- análise da confiabilidade de um produto ou processo;
- compreensão dos modos de falha de um sistema, de maneira dedutiva;
- priorização das ações corretivas a serem tomadas;
- análise e projeto de sistemas de segurança ou sistemas alternativos em produtos;
- compilação de informações para manutenção de sistemas e elaboração de procedimentos de manutenção;

- indicação clara e precisa de componentes mais críticos ou condições críticas de operação;
- compilação de informações para treinamento na operação de equipamentos;
- compilação de informações para planejamento de testes e inspeção;
- simplificação e otimização de equipamentos.

Outras técnicas que auxiliam a projetar para a confiabilidade são:

- Desdobramento da Função Qualidade (QFD); [Akao (1990)]
- Projeto de Experimentos; [Hamada (1994), Montgonery (1984)]
- Análise do Valor; [Csillag (1988)]
- Projeto Robusto [Taguchi (Ross (1991))]

2.7.2 Tarefas da confiabilidade durante a fase de testes

Na fase de planejamento, grupos de desenvolvimento estabelecem a vida do projeto e as metas de confiabilidade para componentes e sistemas. Estas metas são altamente influenciadas pelas prioridades e expectativas dos clientes, pelo mercado competitivo, por experiências anteriores e por considerações de origem tecnológica.

Na fase de projeto, todo esforço é feito para projetar confiabilidade usando ferramentas de qualidade e confiabilidade [Meeker & Hamada (1994)]. Mas, apesar de todo este esforço, testes preliminares de desenvolvimento são necessários para avaliar a

durabilidade, identificar problemas e alcançar o crescimento da confiabilidade.

Um importante requisito para testes realizados durante o desenvolvimento da confiabilidade é assegurar uma alta probabilidade de detectar todos problemas potenciais. Quando protótipos do projeto final são testados, estes testes de verificação da confiabilidade devem ser capazes de demonstrar que o projeto reúne e atinge todos os alvos pretendidos.

Antes de distribuir os produtos aos clientes, testes de validação da confiabilidade são realizados para demonstrar que o produto, novamente, reúne e atinge as metas pretendidas.

Testes durante a fase de operação do produto também devem ser realizados para verificar o andamento do produto durante o seu uso real e propor e implementar melhorias contínuas no produto ou componentes.

2.7.2.1 Testes de Crescimento da Confiabilidade

Segundo Deppe (1994), da Boeing Corporation, o objetivo destes testes é melhorar a qualidade e a maturidade do produto, antes de sua introdução no campo, através de detecção das suas deficiências, determinar as causas fundamentais das falhas e implementar ações corretivas apropriadas para cada deficiência, antes de liberar o produto para o uso. Ele é essencial para a eliminação de deficiências de projeto e manufatura de novos produtos

Para Bentz (1984), o objetivo é aplicar o método de crescimento da confiabilidade dentro da fase de desenvolvimento do

produto, de forma que o programa de testes e desenvolvimento seja realizado simultaneamente com o de crescimento da confiabilidade.

Para Crow (1994), o crescimento da confiabilidade é alcançado através de mudanças de projeto que ocorrem durante os testes de desenvolvimento. Este programa, aplicado à fase de desenvolvimento de produto, tem a vantagem em relação ao programa convencional de crescimento da confiabilidade, quanto ao fato de que no programa convencional testes de crescimento da confiabilidade e implementações de mudanças de projeto só ocorrem após um produto ser interceptado no campo devido a uma falha indesejável, em quanto na fase de desenvolvimento melhorias são feitas antes do produto ser liberado ao cliente.

Para Bieda (1991), o teste de crescimento da confiabilidade é um método viável para identificar modos de falhas, incorporar mudanças de projeto e monitorar o progresso da confiabilidade durante as fases preliminares de desenvolvimento de um produto. Teste de crescimento da confiabilidade é uma ferramenta bem influente e necessária para facilitar a detecção e eliminação preliminar de problemas.

A aplicação de testes de crescimento da confiabilidade consta da aplicação sistemática de seqüências de testes no produto, com implementações de ações corretivas no produto entre uma seqüência e outra. O objetivo destes testes é alcançar a confiabilidade desejada. Bieda (1991), propôs um método para implementar testes de crescimento da confiabilidade que é mostrado na figura 2.5.

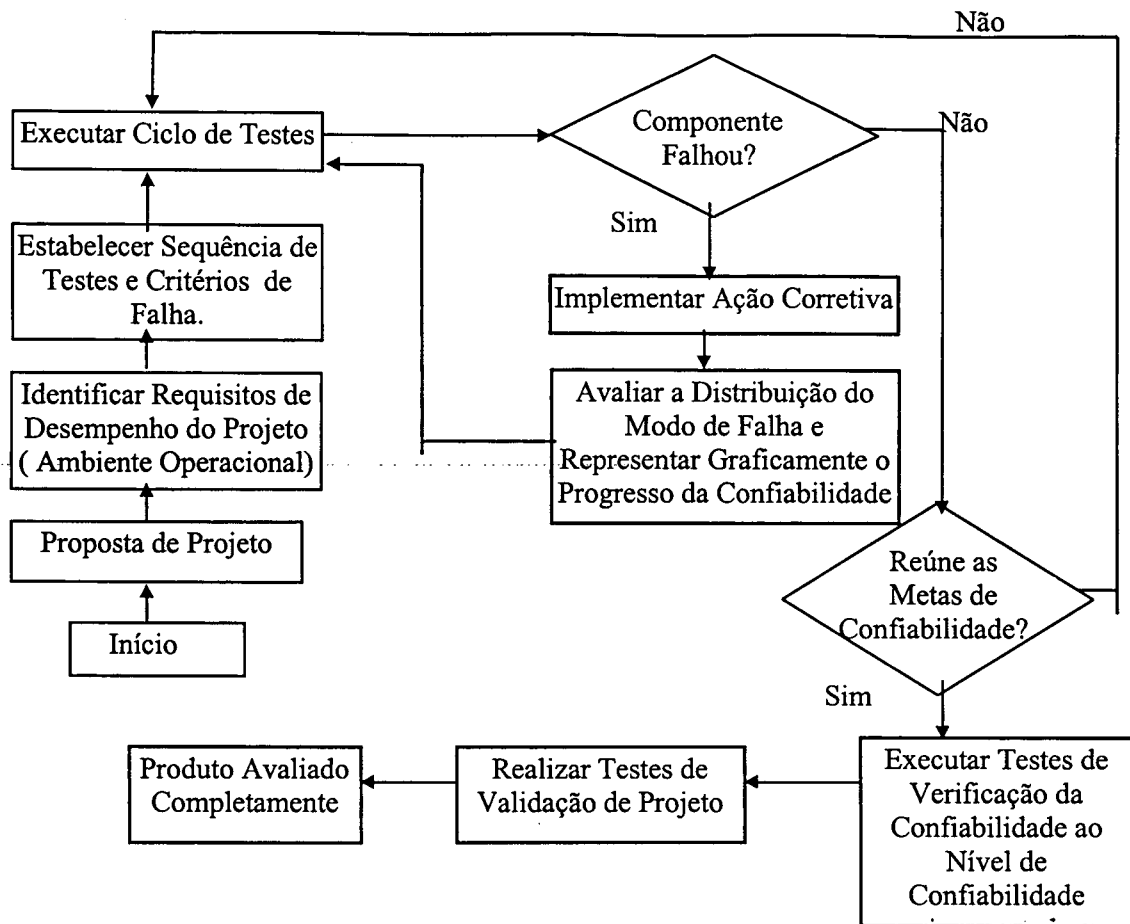


FIGURA 2.5: GERÊNCIA DOS TESTES DE CONFIABILIDADE, BIEDA (1991)

2.7.2.2 Teste de triagem de estresse ambiental (ESS) e Burn-in

Um programa de testes deve cobrir uma grande variedade de condições ambientais que o produto possa vir a enfrentar no campo. Os principais fatores ambientais (stress) que afetam a maioria dos produtos serão abordados no item 2.12.1.

O objetivo dos testes de triagem de estresse ambiental (ESS-*Environmental Stress Screening*) é estimular a ocorrência de falhas nos produtos quando submetido a tais estresses. Este teste pode ser utilizado

tanto na fase de desenvolvimento, para verificar a robustez do produto quando submetido aos fatores ambientais, ou pós-produção para fazer uma triagem antes de liberar o produto ao cliente.

Burn-in é o nome dado ao processo para estimular falhas em componentes, muito utilizado em produtos eletrônicos. Ele consta da aplicação de stress em unidades já produzidas, que causarão falhas em itens defeituosos, sem danificar itens bons. A diferença do Burn-in e o ESS é quanto ao tempo de aplicação do stress e ao nível de aplicação destes. Para o Burn-in o tempo de aplicação é maior que o do ESS, mas os estresses só são aplicados dentro do especificado, já para o ESS os estresses são aplicados além dos limites especificados pela equipe de projeto.

Para alguns produtos, o tempo de teste necessário para a adequada garantia da confiabilidade, sob condições normais de temperatura, pode ser muito longo e portanto muito caro. Então a utilização de testes acelerados é a forma mais adequada para verificar a confiabilidade [O'Connor (1988)].

2.8 Por que o fabricante não consegue prever as falhas?

A discussão entre a confiabilidade prevista na fase de desenvolvimento do produto e a confiabilidade real alcançada no campo é grande e antiga. Embora muitos autores defendam que a previsão da confiabilidade é uma tarefa não importante, outros dizem que o que falta é desenvolver novos métodos que a torne mais eficiente.

Para Balaban (1984), a questão é que raramente são feitas previsões corretas, independente da área ou assunto em que está sendo feita, devido a dificuldade de antever todos os fatores que fazem parte do

problema. Isto acontece quando é feita previsão em confiabilidade, economia, trânsito e etc. Um dos grandes problemas das previsões são as tendências embutidas por otimismo dos analistas que baseiam suas previsões na hipótese de ótimos fornecedores de peças, bons projetistas, excelente nível de qualidade e de controle, tempo adequado para desenvolvimento do produto, ótimos sistemas de distribuição dos produtos, e ambientes operacionais normais.

Segundo Pecht (1994), a previsão tem tradicionalmente sido vista como o cálculo de taxas de falha ou MTBF (Mean Time Between Failure) devido ao seguimento da norma MIL-STD-785 que lista a previsão da confiabilidade como um número de tarefas a serem desenvolvidas. Mas o grande valor potencial da confiabilidade é avaliar:

- Quando (tempo de falha);
- Onde (Lugar da falha);
- Por quê (Mecanismo da falha);
- Como (Modo da falha).

A metodologia usada para avaliar a confiabilidade de um produto deve ser apropriada para o uso pretendido da avaliação. Se uma avaliação da confiabilidade de um produto é necessária através de um teste de laboratório ou do campo, então é necessário um método que preve precisamente a confiabilidade, que inclua uma indicação das incertezas e não exija hipóteses irreais tais como taxa de falha constante.

A tabela 2.2 mostra a diferença do MTBF previsto através da norma MIL-HDBK-217 e os resultados reais de campo para várias empresas pesquisadas [Pecht (1994)]:

TABELA 2.2: DIFERENÇA DO MTBF PREVISTO PELA NORMA MIL-HDBK-217 E O**MTBF REAL DE CAMPO, PECHT (1994).**

EMPRESA	MTBF MIL-HDBK-217	MTBF Real	EMPRESA	MTBF MIL-HDBK-217	MTBF Real
A	811	98	F	2304	6903
B	1269	74	G	2450	472
C	1845	2174	H	2840	1160
D	2000	624	I	3080	3612
E	2000	51			

Um outro método, menos usado para previsão da confiabilidade, é o uso de especialistas para julgamento. Mas ambos os métodos exigem verificações posteriores. Estas verificações requerem testes. Para prever a confiabilidade real, o tempo e os custos dos teste necessários são proibitivos. Então testes acelerados são necessários. Contudo teste de vida acelerado tem um problema básico, que é não exibir as condições operacionais reais que são causadas pela compressão do tempo. Em adição, a precisão dos resultados dos testes de vida acelerados depende do modelo físico assumido para relacionar o tempo acelerado ao tempo real.

Segundo Pecht (1994), algumas mudanças são necessárias na área de previsão da confiabilidade para tornar a técnica mais eficiente:

- engenheiros precisam parar de calcular taxas de falha através de predições com muitas casas decimais como se fossem dados precisos e dirigir maiores esforços para melhorar a sua previsão;
- parar de classificar falhas de campo como eventos aleatórios. Partes que falham são tipicamente o resultado de problemas de projeto, produção, montagem, manuseio, embalagem, etc. Nenhum destes representa eventos aleatórios mas, sim, problemas que podem ser resolvidos;

- após resolvidos os problemas acima, os engenheiros devem substituir o enfoque de análise do MTBF pela análise dos estresses ambientais aplicados ao produto;
- focar confiabilidade com margens de projeto além do que é necessário para resistir os estresses ambientais encontrados na vida operacional exigida;
- aplicação eficiente de Triagem de Stress Ambiental(ESS) para verificação do produto;
- aplicação de melhoria contínua para confiabilidade.

Determinar a diferença (Δ) da raiz das causas entre a confiabilidade de campo e a confiabilidade prevista, é um dos primeiros passos para melhorar a estimativa da confiabilidade segundo Miller & More (1991). Embora uma confiabilidade de campo mais alta do que a prevista seja desejável, quase sempre ela será menor do que a predita. Determinar o Δ da raiz da causa das falhas é o primeiro passo em melhorar as estimativas da confiabilidade.

Uma solução para o Δ da confiabilidade é possível se, e somente se, fatores chaves puderem ser identificados, propriamente medidos e subsequentemente controlados.

A pesquisa realizada por Miller & More (1991), foi através de um questionário que pedia aos especialistas da confiabilidade para responder sobre a diferença do Δ da confiabilidade. Apenas seis fatores foram mencionados como sendo estatisticamente significantes para o Δ da confiabilidade, os quais serão citados e discutidos a seguir, por ordem decrescente de importância, segundo o levantamento:

a) Fatores relacionados ao projeto: Os especialistas responderam que a seleção inapropriada de peças e componentes contribuía severamente para os problemas de confiabilidade, e que a causa maior para a má seleção é o pobre entendimento do ambiente operacional do sistema.

b) Precisão dos dados: A maioria dos problemas, segundo os especialistas, está na área de definição dos dados, e na coleta desses dados. Para a definição dos dados, o maior problema está na classificação da falha e nos procedimentos de pontuar a severidade da falha, pois isto complica o problema por exigir do pessoal que registra as falhas, distinguir entre relevante e não relevante, falha e falha crítica, falha operacional x falha contratual, falhas inerentes e falhas induzidas, etc. Quanto à coleta de dados de falha, os especialistas responderam que há uma falta de incentivo e de motivação para uma classificação precisa da falha por parte dos coletores de dados, e que a coleta dos dados é usada mais com o propósito de manter uma documentação do que coletar dados precisos de confiabilidade.

c) Processos de manufatura: Os problemas primários podem ser classificados dentro das áreas de qualidade e manufatura. Os especialistas responderam que um projeto robusto poderia resolver a maioria dos problemas de manufatura. Qualidade do produto, por outro lado, segundo acreditam os especialistas, depende fortemente de o fabricante suportar um programa de gerenciamento total da qualidade.

d) Técnicas de previsão: A maioria dos especialistas atribuíram os problemas de previsão da confiabilidade às técnicas e hipóteses utilizadas pela norma MIL-HDBK-217, que é a norma mais utilizada para prever a confiabilidade de produtos eletrônicos. A deficiência da norma, segundo

os especialistas, é quanto à não representatividade dos ambientes operacionais. Um outro problema com relação à previsão é quanto à aplicação imprópria de modelagem ou simulação da confiabilidade.

e) Foco gerencial de curto prazo: Segundo os especialistas, os gerentes estão mais preocupados com os benefícios de curto prazo do que com os de longo prazo. Os especialistas concordam que: “ A gerência de curto prazo é o maior gargalo para alcançar os níveis de confiabilidade que são desejados pelos clientes”.

f) Fatores ambientais: A maioria dos problemas é devido ao mau entendimento e à má interpretação dos ambientes operacionais do produto. Isto se deve à dificuldade de predizer com certeza os ambientes em que o produto irá operar. Outro problema é que confiabilidade é tipicamente predita com base em testes anteriores a nível de componentes e/ou subsistemas, com pouca consideração às interfaces e integrações do sistema como um todo.

Segundo Harris & O'Connor (1984), engenheiros da confiabilidade têm trabalhado em previsões por mais de 40 anos. Infelizmente os resultados têm sido decepcionantes. Todos os sistemas freqüentemente alcançam uma confiabilidade de campo diferente da prevista. A credibilidade dos engenheiros da confiabilidade tem inevitavelmente sofrido, conforme se tem demonstrado. Mesmo sem realizar qualquer melhoria significativa na previsão de sua previsão, não se pode dizer que estas técnicas são inválidas ou se a maneira de aplicá-las são indevidas.

O que um modelo de previsão da confiabilidade não pode prever é como o equipamento poderia ser operado por diferentes usuários, ou como operará em diferentes ambientes. Não se consegue prever o efeito de diferentes padrões de qualidade ou em produções futuras.

O artigo de Balaban (1984) examina as causas das diferenças entre as medições da confiabilidade do produto no campo e as previsões feitas anteriormente. O por que de a confiabilidade medida através dos dados de campos diferir da confiabilidade prevista, segundo Balaban (1984) é devido a:

- falta de entendimento dos fatores ambientais envolvidos;
- hipóteses mal elaboradas por parte dos engenheiros da confiabilidade;
- processos de manufatura não capazes;
- mudanças no projeto;
- testes não representativos;
- falta de equipamento de testes;
- falta de manuais ou procedimentos.

Para O'Connor (1988), um dos principais problemas é que a maioria dos testes solicitados em normas como MIL-STD-810, não é representativo, devido a estes serem realizados em um ambiente onde se controla os fatores um por vez, como só temperatura, só vibração, e não serem realizados nas condições em que ocorre o uso real do produto, onde todos os fatores ambientais interagem ao mesmo tempo.

2.8.1 Melhorando o processo de previsão

Para melhorar o processo de previsão da confiabilidade, a utilização do processo Bayesiano, é uma das soluções [Giuntini (1993)]. O processo de inferência Bayesiana utiliza uma distribuição prévia para prever a confiabilidade onde com dados reais de falha, uma função heurística é determinada para gerar uma distribuição posterior. Através de um processo iterativo, cada estimativa posterior torna-se um melhor estimador da verdadeira distribuição de falha, e pode ser implementado com ou sem a ajuda de um computador.

A distribuição prévia é uma estimativa da população. Até que falhas ocorram, a distribuição prévia é uma estimativa da distribuição de falha. A ocorrência de falha constitui dados de amostras da verdadeiras distribuição de falhas. Por combinar os dados da distribuição prévia com os dados de amostras, uma estimativa posterior é determinada.

A estimativa da distribuição posterior é uma melhor estimativa do que a distribuição prévia, porque ela leva em consideração dados reais de ocorrência de falha, e é melhor do que somente dados de amostras pois não permite que dados de amostra pequenas influenciem a estimativa da população. A figura 2.6 mostra o procedimento para gerar a distribuição posterior, onde cada distribuição posterior torna-se a distribuição prévia da distribuição posterior seguinte, quando novos dados da distribuição real são encontrados.

A distribuição anterior é gerada através das previsões da confiabilidade, que é uma tentativa de estimar a verdadeira confiabilidade através de modelos, dados genéricos, informações colaterais, intuição e julgamento de engenharia.

A distribuição posterior é derivada por combinar a distribuição anterior com a da amostra de dados reais, por meio de uma função combinada.

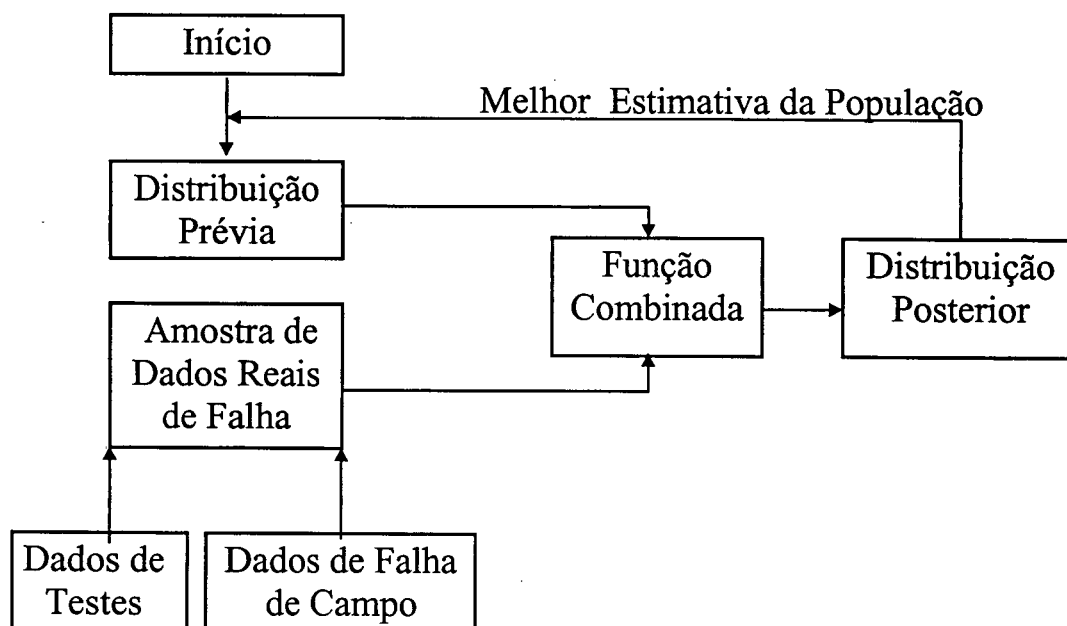


FIGURA 2.6: PROCESSO PARA ATUALIZAÇÃO DA MELHOR ESTIMATIVA DA CONFIABILIDADE, GIUNTINI (1993)

Para Meeker & Hamada (1994), a utilização do método de Bayes, para teste de confiabilidade, permite a incorporação de informações prévias. Com fortes informações prévias, é possível obter resultados precisos com amostras de tamanho menor.

O perigo com este enfoque é que as informações prévias podem refletir um pensamento desejado ao invés de uma informação precisa de confiabilidade, conduzindo a previsões irreais da confiabilidade. Esta informação prévia depende muito da experiência de produtos passados, causando um outro risco.

Para evitar este problema Zonnenshain (1984), propõe um método onde um questionário é entregue a várias pessoas que são familiarizadas com o produto em questão. Para a análise é muito

importante o número de pessoas e que sejam pessoas de diferentes áreas (pessoal de projeto, de produção, suporte logístico, qualidade, administração, etc.).

Estas pessoas devem identificar os fatores principais que afetam a confiabilidade real do produto e responder por que eles afetam. Os fatores mais relevantes são [Zonnenshain (1984)]:

- estado da arte do projeto;
- complexidade do sistema;
- fatores de projeto;
- problemas de interface do sistema com outro subsistemas e ou componentes;
- problemas de obsolescência da tecnologia;
- processos de produção utilizados;
- experiências passadas com fabricantes;
- controle de qualidade.

Informações passadas, obtidas por testes ou através de sistemas similares desenvolvidos anteriormente, também podem ser utilizadas para melhorar o processo de previsão.

2.9 A importância dos dados de confiabilidade de campo

Na maioria das vezes, os problemas são descoberto após o produto ter sido introduzido no campo, devido a dificuldade de o fabricante conseguir prever todas as falhas que ocorrerão com o produto, conforme mencionado no item 2.8.

Devido a esta dificuldade em prever o que ocorrerá com o produto no campo, o fabricante deve ver o problema sob um outro ângulo. Ele deve utilizar as discrepâncias da previsão como uma ferramenta, para primeiro, entender o desempenho em campo e, em segundo, ordenar e priorizar as respostas para o desempenho em campo.

Freqüentemente, problemas são causados por modos de falha e mecanismos que não foram testados antecipadamente e / ou nem observados no laboratório. Para tanto, é necessário utilizar um processo de aquisição sistemática de dados de campo para [Brall(1994)]:

- se existir um problema que pode ser sério, é importante aprender sobre ele o mais cedo possível;
- informações de campo devem ser usadas como feedback para melhorar gerações futuras ou corrigir erros da mesma geração. Informações de modos de falha e degradações são informações ricas para sugerir métodos de melhoria da confiabilidade;
- impressões dos clientes, informações dos ambientes, e outras condições de uso são importante para programas de melhoria da confiabilidade.

Os dados de confiabilidade de campo podem ser obtidos através de contatos com os clientes, ou através dos dados gerados durante os prazos de garantia para fornecer um feedback de informações.

2.10 Limitações dos dados de confiabilidade de campo

As limitações dos dados de confiabilidade de campo é muito importante para o levantamento que será feito no capítulo 3 e para a metodologia proposta no capítulo 4. A seguir será comentado sobre os fatores que limitam estes dados de campo.

Segundo Baxter & Tortorella (1994), na prática, os dados analisados são freqüentemente os de campo, que não são sempre reunidos para o propósito de análise estatística, e são freqüentemente incompletos, de alguma forma. Os fatores que fazem os dados de campo incompletos são:

Tempo incompleto de vida: Normalmente o fabricante coleta dados de taxa de falha de um produto, incluindo neste tempo, períodos em que o sistema não estava em uso, como o tempo de armazenamento, tempo até o cliente decidir fazer o reparo no produto, etc. Isto causa um mascaramento da verdadeira taxa de falha do produto ou componente.

Mascaramento: Um sistema, quando contém vários subsistemas, e cada subsistema contém vários componentes, quando ocorre uma falha, o pessoal que faz o reparo freqüentemente substitui um módulo inteiro (subsistema), sem realizar uma análise do componente danificado contido neste módulo. Com isso, só se conhece os dados do módulo que falhou e não qual componente e suas causas. Isto ocorre muito com produtos eletrônicos.

Ambientes desconhecidos: A distribuição do tempo de vida de um componente é afetada pelos ambientes em que o componente está operando. A taxa de falha aumenta sob condições adversas de estresse, tal como temperatura, voltagem, umidade, etc. Normalmente não colhe-se

dados sobre o ambiente operacional do componente falhado, apenas se possui conhecimento dos ambientes de um grupo de componentes.

Para Hansen & Thyregod (1991), há várias fontes que causam contaminação dos dados, algumas das quais são citadas a seguir:

- Imprecisão no registro do tempo de ocorrência da falha;
- As falhas não são detectadas instantaneamente;
- Os produtos não são operados continuamente durante o dia;

Estes fatores, caso sejam ignorados, causarão um mascaramento na estimação dos parâmetros, e no pior caso poderá haver uma estimação errada nos custos envolvidos com as garantias. Contudo, muito pouca atenção tem sido dada à modelagem e avaliação desses efeitos.

Um outro problema é que quem coleta os dados, também afeta os resultados visto que eles podem ser coletados por uma variedade de pessoas com diferentes conhecimentos, capacidades e motivação. A utilização de formatos padrões e procedimentos pode minimizar os erros, mas não pode por si só melhorar a habilidade das pessoas entender e interpretar o que está sendo feito.

2.11 Feedback de campo

Um sistema de feedback de campo deve ser estruturado em torno de rápidas implementações de ações corretivas e identificação de candidatos a melhorias. Um feedback só terá ótimos resultados se os dados que chegam ao fabricante forem completos e precisos, envolvendo todos os fatores importantes necessários para realizar melhorias no

produto [Brall (1994)]. Caso contrário o fabricante efetuará mudanças ou melhorias sem conhecer a real causa do problema. Isto pode levar a mudanças incorretas no produto.

Uma metodologia para um eficiente feedback de campo, supondo que os dados de campo sejam completos e confiáveis é proposta por Brall (1994) e é mostrada na figura 2.7. O sistema, além de ser alimentado pelas falhas de campo, é alimentado pelas falhas que foram coletadas antes de o produto sair para o campo, que o autor chama de falhas da fábrica.

Após o fabricante identificar as falhas comuns, ou seja as falhas que se repetiram com uma certa frequência no campo ou na fábrica, ele deve desenvolver ações corretivas e implementá-las nos produtos já produzidos, e em novos produtos.

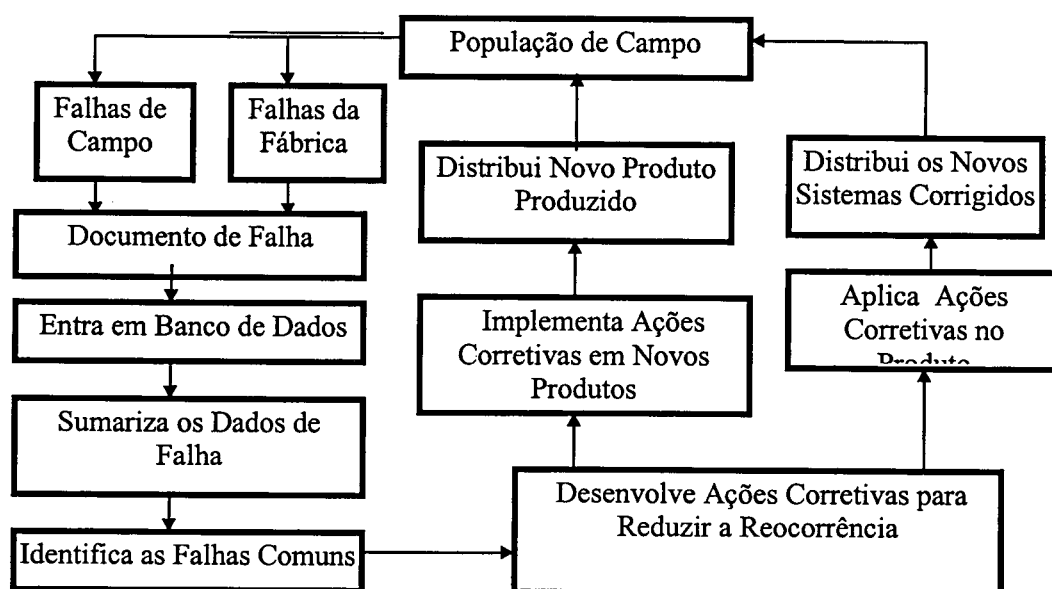


FIGURA 2.7: SISTEMA DE FEEDBACK DE CAMPO E AÇÕES CORRETIVAS, BRALL (1994)

2.12 Quais dados de confiabilidade de campo são importantes para o Fabricante?

Para um fabricante de automóveis, segundo Majeske & Herrin (1995), os dados que normalmente são enviados, contém as seguintes informações: número de identificação do veículo, dados do reparo como peças trocadas, a parte que causou a falha (frequentemente é registrado como sendo um subsistema e não o componente), o modo de falha (exemplo: curto circuito na parte elétrica), subsistema afetado pela falha (exemplo: ignição, luzes, etc).

Embora estes dados sejam importantes para o fabricante avaliar as garantias oferecidas e os custos envolvidos, para fazer melhorias no produto ele necessitaria conhecer outros dados como fatores de stress ambientais, fatores operacionais, sintomas das falhas, diagnóstico observado durante o reparo, e os índices de medição da confiabilidade, para que ele possa fazer uma ação corretiva no sistema baseada em dados confiáveis. Estes fatores serão abordados nos itens seguintes.

2.12.1 Fatores ambientais

O fabricante deve conhecer todas as possíveis condições ambientais em que o produto provavelmente será operado, para que melhorias possam ser feitas quanto aos procedimentos de previsão da confiabilidade em testes realizados anteriormente, e para aumentar a robustez do seu produto para que ele possa operar em uma grande variedade de condições ambientais.

Um outro fator importante é que um teste simulando todos os fatores ambientais interagindo ao mesmo tempo, como ocorre com o produto durante o seu uso, é difícil de se realizar. Portanto, dados de

fatores ambientais ocorridos no campo são importantes, onde o uso real é o verdadeiro teste.

Os principais fatores ambientais que afetam a maioria dos produtos são [O'Connor (1988)]:

- temperatura;
- vibração;
- umidade;
- poeira;
- ambiente salino;
- fungos;
- poluição industrial;
- alta intensidade de ruído;
- alta altitude;
- idade do lubrificante ou contaminação deste;
- neve;
- geada;
- sereno;
- orvalho;
- outros.

Embora estes sejam os principais fatores que afetam a confiabilidade de um produto, o fabricante deve descobrir outros fatores que são exclusivos de um determinado produto. Por exemplo, para automóveis outros fatores ambientais que podem influenciar são estradas sem pavimentação, ruas de calçamento, buracos, redutores de velocidade e outros. Para produtos eletro-eletrônicos, radiação eletromagnética também pode influenciar a confiabilidade do produto.

Dependendo do local onde é operado o produto, alguns fatores são inerentes. Como exemplo, uma região litorânea apresenta um ambiente mais salino que as demais, a altitude de uma região já determina a pressão atmosférica. Portanto, dados sobre as regiões onde ocorreu a falha também são importantes para o fabricante conhecer as características dos ambientes operacionais que o seu produto opera para propor soluções futuras.

Alguns fatores só são observados durante o reparo do produto, como a presença de poeira, fungos, condição do lubrificante e etc.

2.12.2 Fatores operacionais

Fatores operacionais são todos os fatores que se relacionam com o uso do produto. Fabricantes normalmente fornecem junto com o produto, especificações técnicas do produto como potência, velocidade, etc, e também fazem recomendações de como o usuário deve operar o produto. A seguir será comentado sobre os principais fatores operacionais.

2.12.2.1 Mau uso ou uso indevido do produto

Entre os fatores operacionais, um dos elementos mais críticos é o mau uso ou uso indevido do produto por parte do cliente. O uso indevido ocorre quando o usuário não segue as especificações e recomendações dadas pelo fabricante, que normalmente estão em catálogos, manuais ou escritas no próprio produto.

Estas especificações dadas em manuais podem também ser encaradas, como uma forma de o fabricante se proteger quanto à falta de robustez do seu produto, ou quanto ao mau entendimento de como o usuário operará o seu produto.

Durante o prazo de vigência das garantias, a maior dificuldade para o fabricante é conseguir provar que a falha ocorreu devido ao mau uso, visto que ele não tem controle nenhum sobre a forma de como o usuário opera ou usa o produto. Por exemplo para um motor elétrico de um eletrodoméstico falhar, várias causas podem ter originado a falha como: defeito dos materiais, controle de qualidade pobre, mau uso e/ou outras fontes. Caso o mau uso deixe vestígios no produto, que são únicos e exclusivos desta má utilização, o fabricante, através de um diagnóstico, pode provar que a falha ocorreu por esta causa, caso contrário, não.

Além disso ele só poderá dizer que a falha ocorreu devido ao uso indevido se as recomendações estavam claramente especificadas nos manuais.

Para um automóvel, as revisões periódicas que são obrigatórias para o cliente ter direito às garantias, são uma forma de o fabricante manter controle sobre as recomendações dadas nos manuais, como trocar o óleo do motor a cada 5000 Km., trocar o filtro de óleo a cada 10.000 Km, etc.

2.12.2.2 Taxa de uso do produto

Um outro fator operacional importante a ser considerado é a taxa de uso. Quando um fabricante faz estimativas dos prazos de garantia, ele precisa conhecer a distribuição da taxa de uso ou quanto em horas/dia

o produto será operado. Esta característica pode ser um fator causador de muitas falhas no campo, caso o fabricante não a tenha levado em consideração.

Por exemplo, um aparelho de televisão pode ser operado por alguns usuários por duas horas por dia enquanto que para outros por dez horas diárias. Normalmente, o fabricante testa o produto em número de horas até falhar, e estas horas só podem ser transformadas em número de dias, apenas se o fabricante conhece a taxa de uso.

O maior problema deste enfoque é a dificuldade que o fabricante tem de medir a taxa de uso e também pelo fato que ela só poderá ser avaliada com uma certa precisão após o produto já estar no campo.

2.12.2.3 Taxa de Potência do produto

Um outro fator importante é a taxa de potência. Ela está influenciada com a potência utilizada pelo usuário para operar um produto. Normalmente os produtos são oferecidos com uma certa faixa de potência a serem operados. Por exemplo um liquidificador possui três velocidades de operação, um condicionador de ar possui opções de alta média e baixa temperatura, e um automóvel possui opções de velocidades.

Se o usuário opera o produto sempre na máxima potência, isto também pode causar, durante a garantia, uma quantidade maior de falhas do que aqueles que utilizam o produto a uma taxa de potência menor.

Este também é um item que o fabricante possui dificuldade de prever e difícil de ser avaliado no campo.

2.12.3 Sintoma das falhas

O sintoma da falha é também um dado importante para o fabricante. O sintoma está relacionado com todo o comportamento da falha até que o cliente solicitou uma assistência técnica.

Além disso um sintoma bem investigado e bem compreendido, abre caminho para um exame físico objetivo [Porto (1982)] ou um reparo de qualidade.

Os dados mais importantes de um sintoma são [Porto (1982)]: época em que ocorreu o início da falha ou que o sintoma apareceu, o modo como ela ocorreu (gradativamente ou subitamente), os fatores ou situações que funcionam como desencadeantes do sintoma, a duração que é estabelecida conforme a data de início, as características do sintoma na época em que houve o início (intensidade, localização), evolução do sintoma (modificações observadas), situação do sistema no momento atual.

2.12.4 Diagnóstico observado durante o reparo

Muitas informações só são percebidas e podem ser registradas antes ou durante o reparo. Informações antes do reparo são informações superficiais que incluem vazamentos observados, oxidações, poeira, trincas, etc. Durante o reparo, outras informações importantes sobre a situação encontrada também são importantes e devem ser registradas. A justificativa para coletar tais informações é que após o reparo muitas destas não poderão mais ser observadas ou já foram adulteradas durante o reparo.

2.12.5 Índices da confiabilidade

Há várias medidas de confiabilidade além de a probabilidade do produto ou componente operar com sucesso sem falhar [Priest (1988)]. Entre estas medidas mais comuns pode-se citar: vida confiável, Tempo Médio Até Falhar (MTTF), Tempo Médio entre Falhas (MTBF) e Taxa de Falha.

Vida confiável, é uma medida de quanto confiável um componente ou produto pode ser esperado a ser, para desempenhar satisfatoriamente sua função. Ela é normalmente expressa em unidades de tempo, como anos.

MTTF (Mean Time to Failure), é o tempo médio até ocorrer a primeira falha para itens irreparáveis. É considerado um parâmetro comum para itens que são irreparáveis, ou seja possuem uma vida limitada, ou são sujeitos a desgaste mecânico sem condições de reparo. Para itens reparáveis pode ser utilizado para planejar a manutenção, neste caso é o tempo médio para a falha ocorrer. Este parâmetro é muito importante para estabelecer garantias de um produto, pois as garantias devem ser projetadas de acordo com o tempo médio até ocorrer a primeira falha. É também utilizado para planejar o número de peças de reposição e os custos envolvidos com a mão de obra para realizar o reparo, transporte, etc. Para um fabricante de automóvel além deste índice um outro muito importante é a quilometragem média até ocorrer a primeira falha.

MTBF (Mean Time Between Failure), é o tempo médio entre falhas, é a medida de confiabilidade mais popular para itens reparáveis. Ela é utilizada para itens que são esperados falhar e serem reparados antes do desgaste. Um automóvel pode ter um tempo médio entre falhas de 15000 Km, mas realizando os reparos e ajustes a vida útil deste pode ser de

150.000 Km. O MTBF é importante para o fabricante planejar o número de peças de reposição que terão que estar disponíveis no mercado para realizar o reparo do produto durante toda a sua vida. Ela também é uma medida utilizada para produtos que possuem grandes prazos de garantias. Um outro índice importante para um fabricante de automóvel são as quilometragem médias entre falhas.

MTTR (Mean Time to Repair), é o tempo médio para realizar o reparo. Ele é definido como o tempo total de manutenção corretiva dividida pelo número total de ações de manutenção corretiva durante um determinado período de tempo. Esta medida leva em consideração tempos como atraso do reparo devido a falta de peças de substituição e etc.

A figura abaixo mostra a relação entre os índices MTTR, MTTF e MTBF.

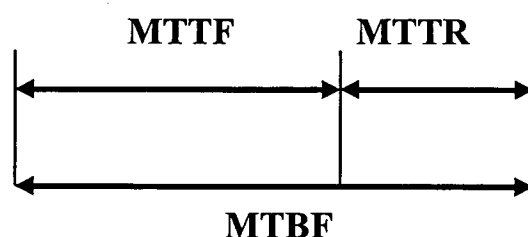


FIGURA 2.8: RELAÇÃO ENTRE MTBF, MTTR E MTTF.

Taxa de Falha, é o número médio de falhas de um grupo de itens (população), esperado por um dado período de tempo em operação. Taxa de falha é normalmente utilizada para definir a confiabilidade de componentes individuais, ao invés de produtos constituídos de várias partes. Uma taxa de falha normalmente depende de três fatores, projeto, qualidade da manufatura e nível de stress aplicado ao componente.

Uma outra medida de confiabilidade que é utilizada durante as os prazos de garantia é o tempo até ocorrer a primeira reclamação e o número de reclamações por veículos [Majeske & Herrin (1995)]. Estas medidas são avaliadas através de dados de campo e são comparadas com medidas passadas, para que o fabricante possa verificar o progresso ocorrido.

Além destes índices, as medidas do reparo também são importantes. Por exemplo o tempo médio entre falhas é fortemente influenciado pela qualidade do reparo. Entre as medidas de confiabilidade durante o reparo pode-se citar o tempo médio para realizar o reparo (MTTR), o grau de dificuldade para detectar uma falha e o grau de dificuldade para realizar o reparo.

Todos estes índices são importantes para o fabricante e devem ser comparados com as medidas reais obtidas no campo para verificação da eficiência do seu processo de previsão da confiabilidade, para questionar a validade dos testes aplicados, para verificação da necessidade de melhorar estes testes, e para questionar o projeto, a manufatura e o suporte logístico.

2.12 Conclusão

Este capítulo mostrou os fatores envolvidos com a confiabilidade do produto, as tarefas mais utilizadas de confiabilidade durante as várias fases do ciclo de desenvolvimento do produto. Mostrou também a importância dos dados de confiabilidade de campo, e a dificuldade de se obtê-los.

CAPÍTULO 3

3. ESTUDO DE CASO

3.1 Introdução

As revendedoras autorizadas de automóveis, através de um contrato com o fabricante são as responsáveis pelos serviços de assistência técnica no pós-vendas. Durante o prazo de vigência da garantia a assistência técnica é a responsável para efetuar os reparos nos produtos, mas os recursos gastos para efetuar o reparo é de responsabilidade do fabricante. Isto é válido apenas para as falhas que o fabricante especifica que fará parte da garantia. Fora do prazo de garantia o cliente é o responsável pelos gastos com o reparo do produto, ficando a seu critério realizar o reparo na assistência técnica ou não.

Durante o prazo de vigência da garantia, a assistência técnica reflete o nível de qualidade e confiabilidade do fabricante. Se há muito serviço, o produto do fabricante possui muitos defeitos que não foram previstos antes de distribuir o produto à revendedora. Estes defeitos podem ser devido a várias causas como falta de testes, defeitos de montagem, defeitos de manufatura, qualidade insatisfatória do produto, defeitos de projeto, pobre entendimento do ambiente operacional e mau uso por parte do usuário.

3.2 Justificativa da Escolha

A escolha desta empresa para a realização deste trabalho, foi em função desta pertencer a um ramo da indústria automobilística, que investe em pesquisa e desenvolvimento e também na confiabilidade e qualidade de seus produtos.

A assistência técnica é a primeira a conhecer os defeitos e falhas que ocorrem com o produto no campo, assim como, ela é a responsável de informar ao fabricante destes devidos problemas. Ela é responsável também pelo diagnóstico e detecção da falha, pela confiabilidade após o reparo e muitas outras atividades.

A escolha desta assistência se deu em função da liberdade dada pela empresa para a realização deste trabalho, e pelos dados disponíveis que existiam junto a essa.

Seria melhor analisar no mínimo duas empresas de assistência técnica e de fabricantes diferentes para fazer comparações, mas das várias contatadas, esta foi a única que permitiu a total realização deste trabalho.

3.3 Metodologia

A metodologia utilizada para a realização deste estudo de caso foi através de uma análise dos manuais do usuário, manuais fornecidos pelo fabricante à assistência técnica, entrevista com o gerente da assistência técnica para verificar os problemas de campo que ocorrem com o produto e os meios utilizados pela assistência técnica para registrar e diagnosticar a falha. Foram feitas também entrevistas com o pessoal

envolvido com o reparo para verificar os problemas envolvidos com esta atividade.

3.4 Dados sobre a assistência técnica

A figura 3.1 abaixo, mostra a estrutura organizacional da Revendedora e Assistência Técnica em estudo.

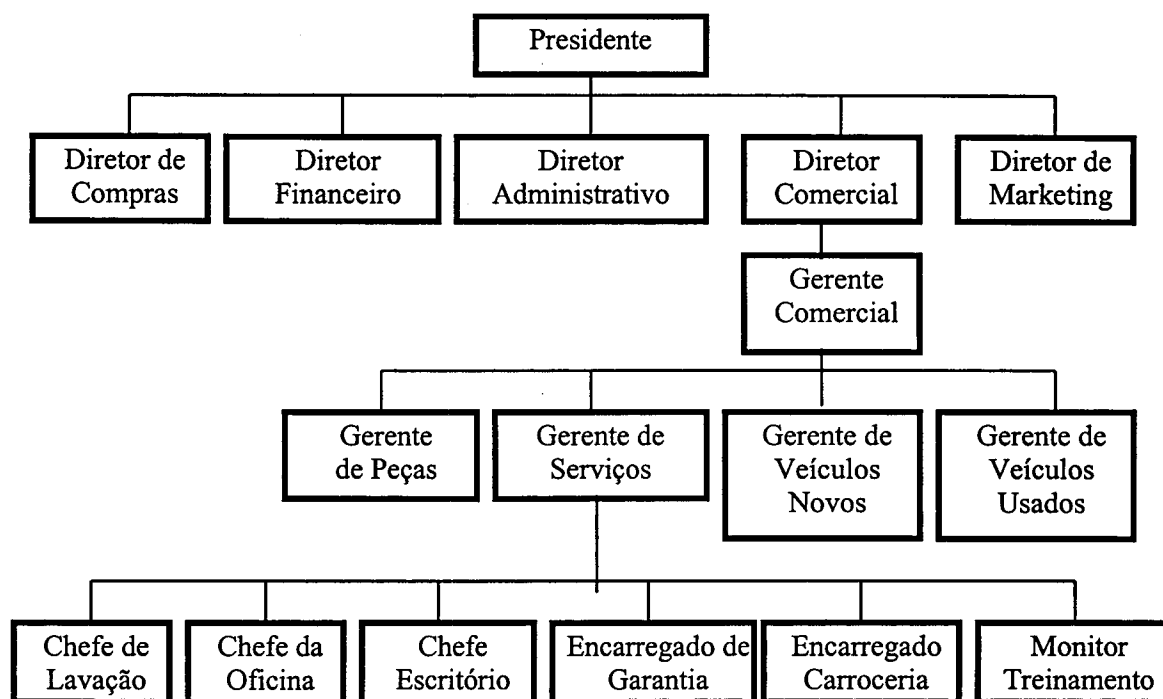


FIGURA 3.1: ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA

O encarregado pela assistência técnica é o gerente de serviços que está subordinado ao gerente comercial. Ele é responsável por todos os serviços que são realizados pela assistência técnica, assim como, pela qualidade e confiabilidade de seus serviços. A oficina ainda se divide em:

- 24 Mecânicos Gerais;
- 2 Mecânicos para Ajustagens (motor e câmbio);

- 3 Mecânicos para serviços rápidos;
- 11 Responsáveis pela lavação;
- 9 Pintores;
- 5 Latoeiros;
- 8 Eletricistas;

3.5 Como o fabricante avalia os serviços da assistência técnica

O fabricante envia por mala direta ao cliente, pesquisas (anexo 6) para avaliar a satisfação do cliente com relação aos serviços prestados pela assistência técnica. Estas pesquisas são enviadas ao cliente para avaliar os serviços pós-vendas, como inspeção de entrega do veículo, manutenção, atendimento ao cliente nos prazos de 45 dias, 10 meses e 15 meses. Estes dados são confidenciais e a assistência técnica só posteriormente recebe do fabricante críticas ou elogios com relação aos serviços prestados.

3.6 Tarefas exigidas pelo fabricante

Uma das atividades cobradas pelo fabricante à assistência técnica, são os programas de avaliação da qualidade, que devem ser feitas pelos gerentes de serviços das assistências técnicas, os quais são inspeção de entrega do veículo (anexo 7), serviços gerais (anexo 8), manutenções (anexo 9) e atendimento ao cliente. O objetivo desta tarefa é avaliar as diversas atividades desenvolvidas pelo pessoal da assistência técnica e determinar as ações corretivas necessárias.

Além deste procedimento o fabricante exige que se realize pesquisas por telefone logo após a venda do veículo (dois a quatro dias), e a 30, 60, 90 e 120 dias após a venda com o cliente. Estas pesquisas tem o objetivo de avaliar a satisfação do cliente com relação ao produto adquirido e verificar se o cliente já respondeu o questionário enviado por mala direta. Os dados obtidos deste levantamento, servem para analisar índices tais como, número de clientes satisfeitos com o produto, número de reclamações resolvidas, número de reclamações sobre o atendimento, número de reclamações sobre a qualidade no reparo, etc.

3.7 Como é realizado o feedback de campo

O consultor técnico é a pessoa responsável quando o cliente leva o produto até a assistência técnica, o qual identifica as reclamações feitas e de acordo com esta reclamação enviar o produto à pessoa responsável para verificar o defeito ou a falha existente. Após então, os dados são registrados no sistema de comunicação direta com o fabricante (FISS), que já está em funcionamento à oito anos.

O sistema FISS tem o propósito de uma rápida comunicação de campo, e o retorno com as soluções para o problema informado normalmente demoram de 24 a 48 horas. Através de uma reclamação do cliente, a assistência técnica comunica imediatamente ao fabricante, informando do diagnóstico encontrado no produto e posteriormente envia à fábrica todo o componente ou subsistema reparado para que o fabricante analise a falha.

Quando várias reclamações ocorrem com o produto, o fabricante gera um documento denominado MTP (Manual Técnico do Produto) e envia à todas as assistências técnica. Este documento relata as mudanças que foram realizadas, sejam estas no produto, no processo de fabricação ou em outros, e as providências que devem ser tomadas pela assistência técnica quanto a esta mudança. A figura 3.2 mostra como é realizado o feedback de campo.

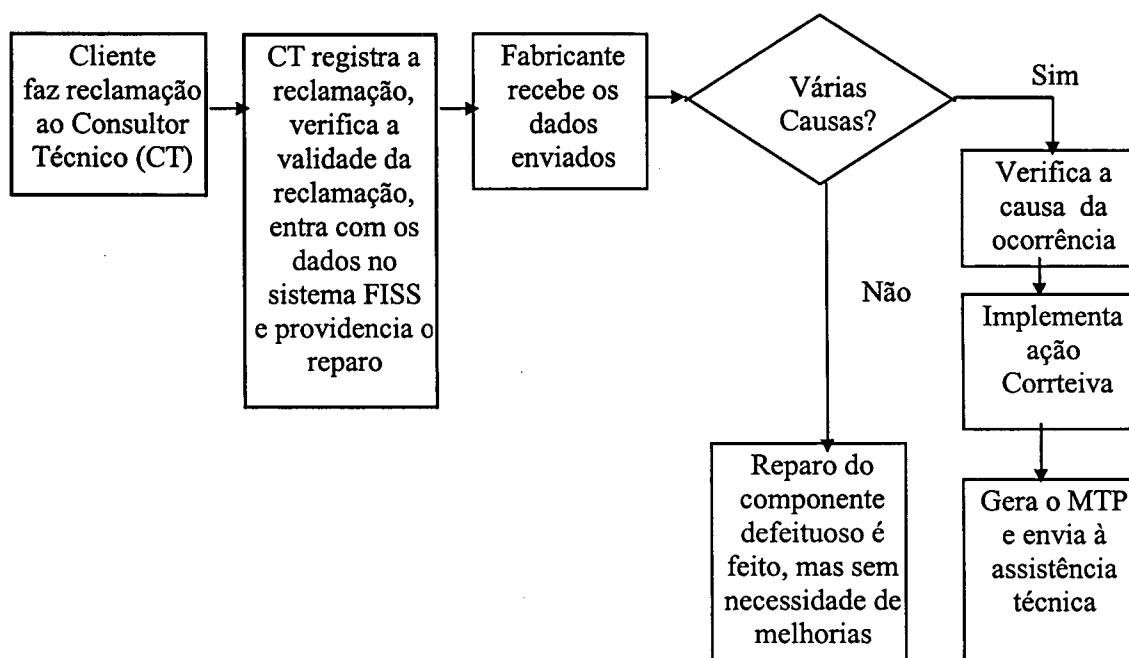


FIGURA 3.2: FEEDBACK DE CAMPO DA ASSISTÊNCIA TÉCNICA AO FABRICANTE.

3.7 Dados obtidos através do manual técnico do produto

Os dados foram obtidos através do manual técnico do produto, que contém a reclamação do cliente ou o motivo pela qual foi feito melhorias no produto, como também as causas, as soluções ou ações corretivas tomadas pelo fabricante, e a procedência da assistência técnica com relação à mudança ou melhoria. Os dados analisados foram de janeiro de 1994 à junho de 1995 para todos os produtos que a empresa realiza a assistência técnica.

Como pode ser visto na tabela 3.1, a maioria das mudanças ocorreram no projeto do produto, com apenas algumas no processo de montagem, produção e controle de qualidade, embora todas sejam importantes para que as metas de qualidade sejam alcançadas. Estes dados mostram o quanto um produto sofre alterações de projeto até atingir a sua maturidade, devido a falhas ou defeitos que só são verificados no campo.

Tabela 3.1: Número total de mudanças de acordo com a natureza da mudança

Classificação	Classificação da mudança	Número de Mudanças
1	melhorias no controle de qualidade	6
2	mudanças no processo ou procedimento de montagem.	6
3	mudança no projeto do produto devido a ocorrência de falhas	23
4	mudança no projeto do produto devido a melhoria da qualidade (melhoria no desempenho, maior durabilidade, melhorias no acabamento, maior conforto, maior satisfação do cliente, etc) que ocorreram não em função de falhas.	44
5	mudanças no processo de produção devido a defeitos ou ao processo não atender as especificações do projeto.	13
6	Correções nas regulagens e ajustagens dos componentes	7

Dados obtidos do manual técnico do produto entre janeiro de 1994 a junho de 1995

A tabela 3.2 mostra as mudanças que ocorreram e a origem das mudanças:

Tabela 3.2: mudanças que ocorreram em função da sua origem

Classificação	MUDANÇAS OCORRIDAS	Número de mudanças
A	mudanças que ocorreram em função de falhas graves, que afetavam a segurança do usuário	8
B	mudanças que ocorreram em função de falhas/defeitos que poderiam com o tempo afetar a segurança	11
C	mudanças que ocorreram em função de falhas que afetam a parte funcional mas não afetam a segurança do usuário	23
D	mudanças que ocorreram em função de defeitos que não afetavam a parte funcional do produto, mas apenas requisitos como conforto e estética.	41
E	mudanças que ocorreram apenas para melhorar a confiabilidade e/ou desempenho do produto	9
F	mudanças que ocorreram devido a defeitos que causavam um sobrecarregamento no componente/sistema	7
Total		99

Dados obtidos do manual técnico do produto entre janeiro de 1994 a junho de 1995

Esta classificação foi definida através de uma pesquisa junto com os responsáveis pelos reparos, para todas as falhas que ocorreram durante o período analisado. Primeiramente foi criada uma série de classes de falhas, e então os responsáveis respondiam se aquela falha afetava a segurança, ou se apenas a parte funcional. A definição das classes criadas é mostrada a seguir:

Falha grave que afeta a segurança: são falhas nos sistemas como suspensão, direção e freio que podem levar a ocorrência de um acidente.

Falha que pode afetar a segurança com o tempo: são falhas nos mesmos sistemas anteriores, mas com uma gravidade menor, como uma folga excessiva, peças defeituosas, etc; que no momento não são tão graves, mas com o tempo podem levar à ocorrência de um acidente.

Falha que afeta apenas a parte funcional: são falhas que ocorrem em sistemas que são responsáveis apenas pela parte funcional do veículo e que não afetam a segurança do usuário, como pane no motor, desregulagem de sistemas de injeção e etc.

Defeito que não afeta o desempenho do produto totalmente, mas apenas requisitos como conforto e estética: são falhas como ruído excessivo em alguns sistemas/componentes ou acessórios, diminuição do conforto, são incluídos também as falhas que afetam a aparência e estética do produto, operação dificultosa, dificuldade para realizar o reparo, consumo excessivo de combustível e etc.

Mudanças apenas para melhorar o desempenho e a confiabilidade:
são mudanças realizadas não em função de falhas que ocorreram, mas de melhorias que foram desenvolvidas no produto pelo fabricante/fornecedores.

Falhas que causam um sobrecarregamento no componente / sistema:
são defeitos que causam um sobrecarregamento em um componente e/ou sistema devido a uma utilização além do necessário, como manter acelerado, manter ligado sem necessidade, atrito em excesso.

Um outro dado importante coletado é mostrado na tabela 3.3, que mostra a participação da assistência técnica com relação a proposta para melhorias no produto durante os períodos de janeiro de 1994 a junho de 1995 .

Tabela 3.3: Número de mudanças em função da origem da reclamação

Número	Origem da Mudança	Número de Mudanças
1	Mudança ocorrida em decorrência das reclamações dos clientes	96
2	Mudanças ocorridas por parte do fabricante/fornecedor (sem reclamações do cliente)	66
3	Mudanças ocorridas em função de reclamações feitas pelas oficinas das Assistências Técnicas.	1
Total de mudanças		163

Dados obtidos do manual técnico do produto entre janeiro de 1994 a junho de 1995

Os dados da tabela 3.3 mostram que a participação da assistência técnica é muito baixa em relação às propostas de melhorias do produto. A maioria das mudanças são oriundas de reclamações dos clientes que são enviadas à fábrica ou através de melhorias realizadas pelo fabricante ou fornecedor.

3.8 Dados de falhas coletados pela assistência técnica

A assistência técnica em estudo não coleta, de uma forma sistemática, todos os dados importantes ao fabricante para que esse possa realizar melhorias no produto. Os dados que são coletados são incompletos não levando em consideração os fatores ambientais e operacionais envolvidos, os sintomas e os diagnósticos observados durante o reparo.

O sistema utilizado pela empresa (FISS) para a alimentação dos dados de falha, segue o seguinte procedimento:

a) o consultor técnico entra com o número da placa do automóvel, e então os seguintes dados são obtidos:

- data da reclamação;
- se o automóvel estava em garantia;
- motivo da reclamação (Ex: barulho no painel, automóvel falha ao acelerar);
- quilometragem do automóvel no momento da reclamação;
- quais componentes ou subsistemas foram reparados.

b) no caso de revisões periódicas realizadas durante as garantias, quando o cliente não faz nenhuma reclamação, o consultor técnico registra no sistema qual revisão foi executada (10.000 Km, 20.000 Km, etc.), os problemas encontrados e os reparos executados.

O fabricante consegue extrair deste sistema as causas básicas da falha, o número de peças de reposição solicitada, o número de reclamações durante as garantias.

Não são registrados os fatores ambientais e operacionais, os sintomas das falhas e os diagnósticos observados antes e durante o reparo.

Através dos dados registrados anteriormente o fabricante até consegue coletar dados sobre os índices de confiabilidade como tempo médio até ocorrer a primeira falha (MTTF) e quilometragem média até ocorrer a primeira falha (QMTF). Mas estes índices são influenciados pela taxa de uso do produto, conforme será explicado no item 3.9.

3.9 A dificuldade de se obter dados sobre os fatores operacionais

A seguir serão comentados sobre a influência dos fatores operacionais na confiabilidade do produto e a dificuldade de obter tais dados, conforme mencionado no item 2.12.2, aplicados ao estudo de caso em questão.

3.9.1 Taxa de uso

Um usuário pode percorrer 80 Km em uma hora ou levar várias horas para percorrer a mesma quilometragem, caso ele utilize o veículo somente em perímetros urbanos. Em perímetros urbanos o usuário utiliza muito mais os freios, o sistema de embreagem, e outros sistemas ocorrendo um desgaste muito maior do que em estradas. Isto faz com que os dados de MTTF e QMTF não sejam confiáveis, pois o fabricante não possui dados sobre a taxa de uso do produto.

A taxa de uso do produto, é influenciada pela profissão do usuário e pela finalidade pela qual foi adquirido o veículo. Para exemplificar, suponha-se que alguns usuários que trabalham na mesma

cidade onde residem, podem só utilizar o veículo em perímetros urbanos, outros como representantes, podem utilizar o veículo na maioria das vezes em estradas. Um caso crítico são os taxistas que percorrem grandes quilometragem durante os prazos de garantia e na maioria das vezes só em perímetros urbanos.

Outro fator importante é a localização. Existe um fator de uso para um usuário que trafega na região central da cidade de São Paulo e outro para quem trafega na cidade de Florianópolis. Cada região exige um determinado fator de uso.

O período que o usuário opera o produto também influencia a taxa de uso. Para usuários que trafegam em horários de pique, como hora de saída para o almoço ou final de expediente, enfrentam congestionamentos que faz com que o usuário utilize mais determinados componentes durante este período.

Devido a complexidade de todos estes fatores envolvidos e da dificuldade de se avaliar a taxa de uso nenhuma informação sobre a taxa de uso foi coletada pela assistência técnica, como também não existe exigência por parte do fabricante.

3.9.2 Taxa de potência

Como foi comentado no item 2.12.2.3 a taxa de potência influencia muito na confiabilidade do produto. Segundo o gerente da assistência técnica, o maior problema que o fabricante enfrenta com relação a este fator é com os adolescentes que recém estão começando a dirigir. Muitos deles utilizam o veículo na potência máxima e muitos problemas acabam ocorrendo durante os prazos de garantia.

Não existe uma forma do fabricante controlar a taxa de potência que o usuário operará o veículo, visto que ele oferece ao usuário uma variedade de opções de potência. Isto dificulta um controle da taxa de potência utilizada. A única solução seria através de um programa de conscientização oferecido pela assistência técnica na hora da revenda e através de especificações dadas no manual do usuário.

Para amenizar a dificuldade de se obter dados sobre a taxa de potência utilizada, o fabricante realiza muitos testes pilotos com o veículo operando em diversos ambientes operacionais, sendo operado a diferentes taxas de potência antes de entregar o produto ao veículo.

3.9.3 Mau uso

Conforme comentado no item 2.12.2.1, o fabricante só pode afirmar que uma falha ocorreu devido ao mau uso, se ela estava especificada no manual do usuário e também se ele conseguir provar através de dados de testes, fotografias e etc, que os vestígios deixados no componente são devido ao uso indevido do produto.

Segundo o gerente da assistência técnica, um dos problemas é que na hora da compra o vendedor não explica detalhadamente todas os procedimentos que devem ser executados pelo usuário e seus eventuais problemas que podem acontecer caso ele não siga as recomendações dadas no manual do usuário, pois isto não faz parte do plano de marketing.

Caso o cliente adquira o produto, o consultor técnico que é a pessoa mais indicada para dar informações técnicas, é chamado para informar as recomendações a serem seguidas. Mas quando o cliente adquire um veículo, ele está num estado de ansiedade tão grande para

dirigir o veículo ou para mostrar a alguém, que nem presta atenção nas recomendações dadas pelo consultor técnico.

Para o gerente, um fator importante é a cultura do usuário. Normalmente, em países desenvolvidos, primeiramente lê-se detalhadamente o manual e todas as recomendações, após então esclarece-se as dúvidas e só depois então que o usuário opera o produto.

Um dos problemas causados com relação a esta conduta do usuário brasileiro é que posteriormente, quando uma falha ocorre durante o prazo de garantia, devido a não execução de alguma especificação dada no manual, o cliente às vezes fica insatisfeito com o produto ou com o fabricante por não ter direito a garantia.

Estes acontecimentos variam dependendo do nível cultural das pessoas que operam o produto e das experiências passadas do usuário.

Um caso clássico que já foi muito pesquisado e que possui catálogos mostrando cada modo de falha, suas causas e fotos do estado do componente é o sistema de embreagem. Quando o motorista opera o produto com o pé na embreagem ocorre um desgaste prematuro da mesma e esta permanece com um estado azulado. No momento da revisão quando é detectado o problema, o usuário não aceita o fato de dizer que ele não operou o produto adequadamente.

Embora existem estudos realizados com relação ao mau uso do sistema de embreagem, não existe especificado no manual do usuário como deve ser sua utilização para que o sistema não sofra envelhecimento precoce pelo mau uso. Um outro problema é que o teste para ter direito a habilitação não verifica estes aspectos de cuidados operacionais com o produto, mas sim aspectos de conduta e comportamento no trânsito. Portanto o usuário não recebe nenhuma informação prévia da correta utilização deste sistema.

As únicas recomendações que são feitas para evitar um mau uso, são através das recomendações de revisões periódicas como; a cada 5000 Km trocar o óleo do motor e sempre verifique o nível do líquido refrigerante. Neste caso a não execução das revisões periódicas pode ser considerada como uso indevido.

3.10 Conclusão

Para avaliar a assistência técnica A, será feito a seguir uma análise crítica desta em relação ao conteúdo dos capítulos 2 e 3. Para tanto serão feitos a seguir críticas e observações dos itens observados.

Os *questionários enviados pelo fabricante* ao cliente (anexo 6), são muito importante para o cliente e o fabricante avaliarem as assistência técnica, mas este processo possui algumas falhas que serão comentadas a seguir.

- Como o método de pesquisa utilizado pelo fabricante é através de mala direta, o índice de retorno é muito baixo (para o período analisado de janeiro a junho de 1995 a taxa de retorno era de 26%).
- Um problema é que este questionário tem como finalidade avaliar apenas os serviços da assistência técnica, e em nenhum momento o fabricante pede sugestões ao cliente sobre o produto. O cliente quando possui uma reclamação do produto, ele deve sempre fazê-la a assistência técnica. O fabricante receberá todas as informação provenientes das reclamações, somente se o feedback de campo é realizado corretamente.

- Outra característica fraca deste método, é que o questionário é enviado somente para clientes que adquiriram produtos novos. Como este questionário é enviado logo após a compra do mesmo (em média 90 dias), e neste período o produto normalmente não passou nem pela primeira revisão, o cliente não tem como avaliar com precisão os serviços da mesma.

Quanto ao *feedback de campo* às vezes não é o usuário quem leva o produto a concessionária para realizar os reparos ou revisões, isto faz com que muitas informações não possam ser coletadas pela assistência técnica. Outro problema é que muitas vezes o consultor técnico não registra os dados informados pelo cliente no sistema, dificultando o diagnóstico do responsável pelo reparo.

Uma falha do sistema, é que a concessionária possui histórico de tudo que ocorreu com o mesmo produto, desde que todos os reparos foram realizados na mesma assistência técnica. Isto dificulta a análise o histórico deste produto.

O fabricante junto com a concessionária deveria estabelecer métodos de classificação da gravidade da falha, de modo que uma análise e verificação mais minuciosa deveria ser dada a estas.

Embora seja dificultoso obter dados sobre os fatores operacionais como taxa de uso e potência, e mau uso, uma pesquisa realizada pela assistência técnica ou pelo fabricante, poderia obter maiores informações sobre estes.

O fabricante deveria exigir e fiscalizar as concessionárias quanto a coleta dos dados assim como fornecer meio para que estas possam fazê-la da melhor forma possível.

Atualmente está surgindo uma tendência dos fabricantes exigirem das concessionárias a certificação da norma ISO 9002, que exigirá destas uma maior sistematização dos serviços oferecidos. Isto poderá fazer com que haja uma melhor organização e sistematização dos dados coletados.

Para auxiliar a diagnosticar a falha o fabricante deste produto analisado, está desenvolvendo um sistema especialista com esta finalidade e que será distribuído nas suas assistências técnica autorizada.

CAPÍTULO 4

4. MODELO PROPOSTO

4.1 Introdução

Este capítulo propõe um modelo para coletar informações sobre as falhas ocorridas no campo (na posse do usuário) e que são analisadas e reparadas pela assistência técnica. O modelo para coletar informações precisas é baseado nas técnicas de diagnóstico, que são utilizadas pelos médicos para diagnosticar as doenças dos pacientes.

4.2 Justificativa da escolha da técnica de diagnóstico

O modelo a ser descrito a seguir será baseado na técnica de diagnóstico pelos seguintes motivos:

- É uma técnica simples, e de fácil aplicação;
- Fazendo uma analogia, o corpo humano é um produto, só que muito mais complexo do que produtos comercializados, onde as falhas são chamadas de doenças.
- Devido a complexidade do corpo humano, pode-se fazer uma hipótese de que este modelo pode ser adaptado a produtos mais simplísticos, apenas adaptando os dados que fazem parte do problema.

4.2 Técnicas de Diagnóstico

O diagnóstico é obtido com base na história, no exame físico e nos exames laboratoriais. A medicina moderna dirige atenção para os exames laboratoriais, mas mesmo hoje a maioria dos diagnósticos são feitos pela história e exame físico, que resumem as possibilidades diagnósticas antes de serem solicitados os exames laboratoriais [Fletcher (1993)]. A história é realizada através da técnica de *Anamnese*, que consta de uma entrevista com o paciente, com a finalidade de descobrir a causa do sintoma. A seguir será explicado como esta técnica é aplicada.

4.2.1 Técnica *Anamnese*

Anamnese se origina de *ana* = *recordar* e *mnese* = memória. Significa trazer de volta à mente, todos os fatos relacionados com a doença e com o paciente [Porto (1982)].

Em essência a *Anamnese* é uma entrevista, e o instrumento de que a torna válida, é a palavra falada. A técnica é baseada na seguinte premissa: “ouça o paciente e ele dirá qual o problema, e dirá o que ele precisa” [Fletcher (1993)].

Uma doença possui uma série de características que causam determinados sintomas no paciente. Algumas destas características só são reconhecidas através de exames complementares, outras somente através do relato do paciente. A entrevista inicial abre portas para uma análise preliminar das possíveis causas, deixando para os exames seguintes a confirmação desta. Portanto a entrevista inicial utilizando a técnica de *Anamnese*, é indispensável para as etapas seguintes da técnica de diagnóstico.

A mesma técnica pode ser adaptada para uma assistência técnica, apenas trocando os indivíduos que fazem parte do problema. Neste caso o cliente é o paciente e o consultor técnico é o médico.

A *Anamnese* pode ser conduzida de duas maneiras:

- 1º: Deixando o paciente relatar livre e espontaneamente suas queixas sem qualquer intervenção do médico, que se limita a apenas ouvi-lo.
- 2º: A outra forma é o que se pode denominar *Anamnese* dirigida. Quando se usa esta técnica o paciente não terá oportunidade de fazer um relato livre e dispersivo, pois o médico através de etapas a serem seguidas, conduz a entrevista com mais objetivo.

Segundo Fletcher (1993), o segundo método traz maiores benefícios, pois aumenta a probabilidade do paciente ficar satisfeito com a sua consulta, predispondo a seguir as instruções do médico sobre o tratamento.

Existem seções padronizadas para uma *Anamnese* geral. Uma seção típica é descrita a seguir [Fletcher (1993)].

- **descrição do paciente:** idade, sexo, raça, profissão;
- **reclamação principal:** quatro ou cinco palavras estabelecendo o propósito da visita (qual é o problema e a duração da reclamação? quando começou a sentir isso?);
- **outros médicos envolvidos no tratamento;**
- **história da doença atual:** para cada sintoma perguntas do tipo o quê, onde, quando, tempo de duração, o que melhora ou piora o sintoma, tratamento médico anterior. As respostas a estas perguntas tornam as possibilidades de diagnóstico mais fáceis;
- **história patológica anteriores:** doenças e hospitalizações prévias, remédios tomados pelo paciente, uso de álcool;

- **história social e ocupacional:** Descrição de um dia típico na vida do paciente e como a doença atual o afeta;
- **revisão sistemática dos princípios orgânicos:** pele, coração, pulmão, etc.

Outras características importantes para descobrir os sintomas já foi descrito no item 2.12.3

A figura 4.1 mostra as fases de uma técnica de diagnóstico completa [Fletcher (1993)]:

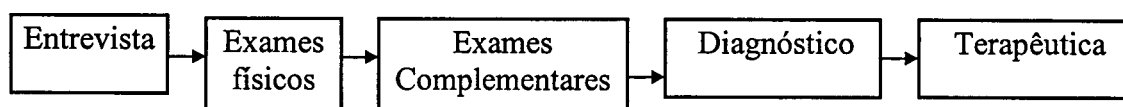


FIGURA 4.1: TÉCNICA DE DIAGNÓSTICO, FLETCHER (1993)

Após a entrevista, o médico realiza os exames físicos básicos, como batimento cardíaco, temperatura corporal, e etc. Se for necessário pede alguns exames complementares como de sangue, urina e após estes estarem prontos ele dá o diagnóstico de qual doença o paciente possui e quais devem ser os remédios a serem tomados.

4.3 Modelo Proposto

O modelo proposto a ser aplicado pela assistência técnica, para coletar informações sobre os dados de falhas de campo, consta de um procedimento sistemático que é mostrado na figura 4.2 e será explicado nos itens a seguir.

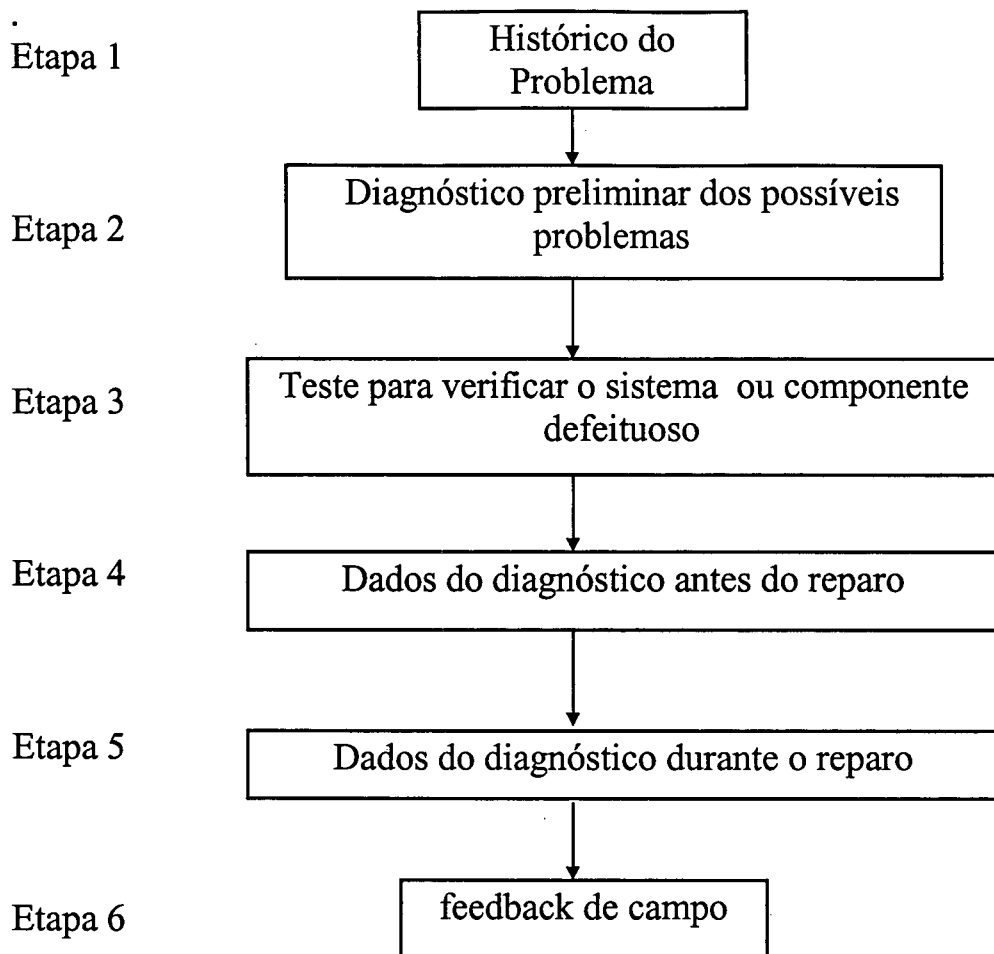


FIGURA 4.2: MODELO PROPOSTO PARA COLETAR INFORMAÇÕES SOBRE AS FALHAS DE CAMPO

Etapa 1: Histórico do Problema

Para se conhecer o histórico do problema, ou seja quais os sintomas da falha, os fatores que contribuíram para que ela ocorresse e o comportamento desta, será utilizado a técnica de *Anamnese*. Este procedimento será adaptado para coletar informações através do cliente sobre a falha.

Esta técnica deve ser aplicada quando o cliente traz o seu veículo para reparar um defeito constatado, ou quando ele traz para as revisões periódicas.

Um dos problemas envolvidos com a aplicação desta técnica é que: “nem sempre é o cliente que traz o veículo para o reparo”. A assistência técnica deve promover, um meio para que sempre o responsável pelo veículo, traga-o até ela, ou aplicar esta técnica via telefone, quando não existir outra possibilidade.

As perguntas a serem aplicadas pelo consultor técnico e respondidas pelo cliente sobre as falhas são mostradas a seguir.

<u>IDENTIFICAÇÃO</u>
1- <i>Descrição do veículo:</i> modelo, ano, número do chasis e número da placa
<u>RECLAMAÇÕES</u>
2- <i>Quais são os problemas?</i> (Estabelecer o propósito da visita)

As perguntas seguintes deverão ser aplicadas e avaliadas para cada problema ou reclamação do cliente.

<u>TEMPO DE OCORRÊNCIA DA FALHA</u>
3- <i>A quanto tempo ou quilômetros esta falha começou a ocorrer?</i>
<u>CARACTERÍSTICA DA FALHA</u>
4- <i>Esta falha já veio quando você adquiriu este veículo, ela ocorreu de repente ou foi ocorrendo gradativamente?. Quanto ao seu comportamento ela é intermitente ou contínua?</i>

c

FATORES OPERACIONAIS E AMBIENTAIS

5- *Quais os fatores que funcionam como desencadeantes desta falha?*

COMPORTAMENTO DA FALHA

6- *Existe alguma circunstância ou condição que faz com que o efeito da falha seja minimizado ou reduzido.*

7- *A intensidade da falha e a localização se modificaram depois que começou a ocorrer a falha? Explique estas alterações?*

PROCEDIMENTOS ANTERIORES DO CLIENTE (MAU USO)

8- *Você já tomou algum procedimento com relação a esta falha, como levar a uma outra oficina antes dessa?*

9- *Perguntas sobre os requisitos a serem cumpridos pelo cliente, conforme o manual do usuário. (Verificar se houve mau uso)*

OPINIÃO DO CLIENTE COM RELAÇÃO A FALHA

10- *Qual a insatisfação com relação a esta falha?*

☐ *muito insatisfeito* ☐ *médio insatisfeito* ☐ *pouco insatisfeito*

11- *Em uma escala de zero a dez, pontue a gravidade da falha? Por que ela possui esta gravidade?*

RELAÇÃO CUSTO/BENEFÍCIO

12- *Se na hora da compra, você soubesse que um determinado produto é mais confiável do que este, mas também um pouco mais caro, qual produto compraria?*

☐ *o mais caro e mais confiável*

☐ *o mais barato e menos confiável*

DADOS SOBRE A TAXA DE USO

13- Mais ou menos quanto do período de tempo em que você utiliza o seu carro, você utiliza-o para viagens:

☐ *menos de 30%*

☐ *de 30 a 70%*

☐ *mais de 70%*

14-Quando você trafega em perímetros urbanos, enfrenta congestionamentos:

☐ *raramente* ☐ *às vezes* ☐ *muitas vezes*

A pergunta [1] de número um tem o objetivo de coletar informações básicas sobre o veículo como placa, número do motor, e etc, assim como coletar alguns dados de fatores ambientais como temperatura, umidade, etc que são característicos de cada região. Esta pergunta também pode servir como código para organizar e dar entradas a um banco de dados.

A pergunta [2] de número dois deve sempre focar no problema principal da reclamação, como barulho no painel, falha da aceleração.

A pergunta [3] de número três tem o propósito de se conhecer a quanto tempo esta falha está ocorrendo, para determinar índices mais precisos do MTTF ou QMTF evitando erros de mascaramento. Como no manual do usuário está bem claro, que o usuário durante o período de garantia deve levar o veículo assim que ele detectou uma anormalidade no mesmo, esta pergunta também serve para avaliar se o usuário seguiu tal recomendação.

A quarta pergunta [4], facilita a identificação da característica da falha. Por exemplo uma falha por mau contato elétrico, pode se comportar como uma falha intermitente, mas se algum componente danificar-se esta falha pode tornar-se contínua.

A pergunta [5] de número cinco, é uma pergunta aberta e para cada situação o consultor técnico deve auxiliar o cliente a identificar os fatores envolvidos que são desencadeantes. Portanto a experiência do consultor técnico é fundamental para que esta pergunta seja respondida com eficiência.

Nesta etapa ele deve perguntar sobre os fatores ambientais, e operacionais envolvidos. Por exemplo para falhas no sistema de suspensão do veículo, o consultor técnico (CT) deve perguntar se esta falha ocorre sempre, ou só quando o veículo trafega em determinadas condições, como em ruas de calçamento, de paralelepípedos, buracos, lombadas, em curvas, e etc. Para cada modo de falha existe uma certa quantidade de fatores que contribuem para que ela se precipite, portanto além da experiência do CT, o fabricante deve enviar meios que auxiliem o consultor técnico nesta etapa.

A sexta pergunta [6] é contrária da quinta, pois existem fatores que fazem com que a falha desapareça em determinados momentos. Por exemplo uma falha no sistema de carburação ou injeção eletrônica, pode desaparecer dependendo da rotação do motor.

A pergunta [7] de número sete tem o objetivo de avaliar como evoluiu esta falha em termos de localização, se ela mudou de local desde o princípio ou não. Em termos de intensidade, se ela aumentou ou diminuiu desde o seu princípio.

A pergunta [8] de número oito e nove tem o propósito de descobrir alguns fatores que podem contribuir para que a falha piorasse, como fazer um reparo inadequado, aplicar algum produto ou substância não indicadas, não seguir as especificações descritas no manual do usuário e etc.

As perguntas [10 e 11] de número dez e onze tem o propósito de informar o fabricante, com relação a insatisfação do cliente com relação a falha ocorrida, a gravidade da falha.

A pergunta [12] de número doze tem o objetivo de verificar se o cliente pagaria mais pelo produto, caso fosse de maior confiabilidade, ou seja a razão custo/benefício para corrigir a falha.

As perguntas [13 e 14] de número treze e catorze tem o objetivo de coletar alguns dados sobre os fatores operacionais da taxa de uso do produto. Como já dito anteriormente, são muitas as variáveis que influenciam este fator. Estas perguntas auxiliarão o fabricante a conhecer melhor sobre como está sendo utilizado o seu produto.

Conforme vai se realizando a pesquisa o consultor técnico, deve ir preenchendo a matriz do sistema de informações que é mostrado na tabela 4.1, que é mostrada a seguir.

Tabela 4.1: Matriz de aplicação da técnica Anamnese com o cliente

CIDADE:		CONCESSIONÁRIA NÚMERO:		
FATORES AMBIENTAIS				
ÍNDICE DE SALINIDADE:		RAZÃO DE UMIDADE:		TEMPERATURA MÉDIA:
IDENTIFICAÇÃO DO VEÍCULO E DO USUÁRIO				
NOME DO VEÍCULO:		MODELO:	ANO DE FABRICAÇÃO:	
PLACA:		NÚMERO DO CHASSIS:	NÚMERO DO MOTOR:	
DATA DA AQUISIÇÃO:		PROPRIETÁRIO:	IDADE:	
Perguntas	Reclamações			
	Número 1	Número 2	...	N
Motivo da Reclamação [2]				
Início da Falha (Km ou Dias) [3]				
Forma de ocorrência da Falha[4]				
Já veio no produto				
Ocorreu de repente				
gradativamente				
comportamento da falha [4]				
intermitente				
contínua				
Fatores Desencadeantes [5]				
Fatores que minimizam a falha [6]				
Evolução da Falha [7]				
Procedimento do cliente com relação a falha [8]				
(mau uso) [9]				
Insatisfação com relação a falha [10]				
Muito insatisfeito				
+ / - insatisfeito				
pouco insatisfeito				
Gravidade da Falha [11] (nota de 1 a 10)				
Explicação dada pela nota à gravidade da falha[11]				
Compraria qual produto[12]				
+ caro e + confiável				
- caro e - confiável				
% de uso em viagens [13]				
menos de 30%				
de 30 a 70%				
mais de 70%				
Trafego em congestionamentos [14]				
raramente				
às vezes				
muitas vezes				

Etapa 2: Diagnóstico preliminar dos possíveis problemas

Após o consultor técnico realizar a etapa 1, através de sua experiência, ele deve determinar os possíveis problemas, e então ele deve encaminhar o veículo à pessoa responsável em reparar estas possíveis falhas ou defeitos.

Todas as informações que forem verificadas com as etapas seguintes devem ser anotadas na matriz da tabela 4.2

TABELA 4.2: MATRIZ DE DADOS OBTIDOS DOS DIAGNÓSTICO ANTES, DURANTE E APÓS O REPARO

Dados obtidos através dos testes para detectar o sistema falhado	
Subsistema ou componente causador da Falha	
Numeração do subsistema ou componente	
Diagnóstico Observado	
Dados do diagnóstico observado antes do reparo	
Diagnóstico Observado	
Dados do diagnóstico observado durante o reparo	
Diagnóstico Observado	
Procedimentos realizados para realizar o reparo	
Críticas com relação ao reparo	
Propostas de soluções com relação ao reparo	

Etapa 3: Teste para detectar o sistema falhado

O fabricante deve enviar procedimentos que auxiliam a detectar a falha, e estes procedimentos também devem mostrar os métodos e equipamentos a serem utilizados para detectar a falha.

A utilização de testes *Built-in* (teste embutido no subsistema, que informa automaticamente uma irregularidade no sistema ou falha, através de mostradores e indicadores), também auxiliam a detectar a falha.

Como existe uma grande variedade de produtos, cada qual com a sua complexidade em função do número de subsistemas e componentes, para simplificar este trabalho o fabricante deve enviar estas árvores de falhas baseado nos critérios de gravidade, ocorrência e detecção do método FMEA, ou seja a partir do seu índice de risco. Isto fará com que seja desenvolvido árvore de falhas conforme a figura 4.3, apenas para aqueles itens que são críticos.

Uma outra proposta seria para subsistemas complexos que possuem muitos componentes e que já estão em um determinado grau de maturidade do projeto (caixa de câmbio, sistema de freios, motores, sistema de embreagem e etc), o fabricante desenvolva sistemas especialista que criem automaticamente as árvore de falhas, para auxiliar a detectar a falha destes subsistemas.

O exemplo da figura 4.3, mostra um procedimento que o fabricante pode fornecer à assistência técnica para auxiliar a detectar uma falha.

O procedimento consta de uma árvore de falhas, informando todas as possibilidades de falha e junto a esta são fornecidos também os métodos de teste que devem ser utilizados para detectar as falhas.

Após ter detectado o subsistema ou componente que causou a falha, o responsável pelo reparo deve registrar estes dados na matriz da tabela 4.2.

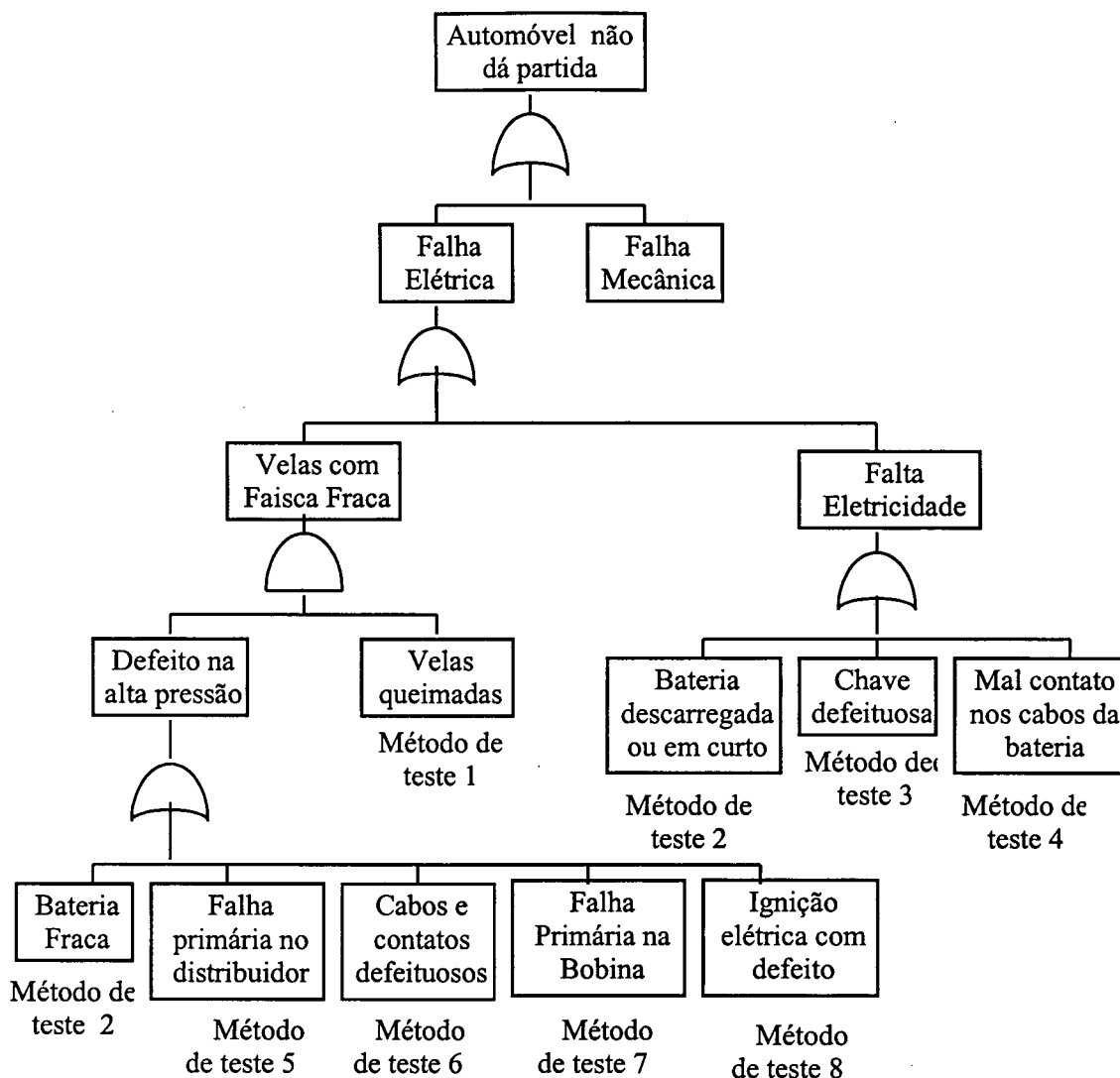


FIGURA 4.3: PROCEDIMENTO PARA AUXILIAR A DETECTAR A FALHA

Etapa 4: Dados do diagnóstico antes do reparo

Nesta etapa, o responsável pelo reparo, após ter identificado o componente ou subsistema que causou a falha, deve antes de realizar o reparo registrar todos os dados sobre o sistema falhado.

A finalidade desta tarefa, é que muitos dados são conseguidos apenas antes de realizar o reparo, pois após este pode ocorrer um mascaramento destes dados ou não mais observados.

Por exemplo um componente com poeira, ou oxidado, ou com vazamentos são dados que podem ser alterados com o decorrer do reparo.

Estas informações podem ser registradas como componente coberto externamente por fungos, poeira, estava quebrado, com vazamento, oxidado, apresentava sinais de umidade.

Portanto esta etapa, consta de um exame físico visual nos sintomas observados no componente que sofreu a falha ou causou a falha. Os dados observados também devem ser registrados na matriz da tabela 4.2.

Etapa 5: Diagnóstico observado durante o reparo

Nesta etapa, o responsável deve anotar todas as anormalidades observadas com relação ao componente que causou a falha. Estas informações poderiam ser dadas da seguinte forma: componente de um dado subsistema desgastado, solto, quebrado, falta de uma determinada peça e etc.

Todos os dados obtidos também devem ser, registrado na matriz da tabela 4.2.

Outras informações que também devem conter na matriz são os procedimentos adotados pela assistência técnica para efetuar o reparo como peças que foram trocadas, e ou serviços como ajustagens, regulagens para eliminar a falha.

Conforme pesquisa realizada com os funcionários responsáveis pela assistência técnica, algumas críticas comuns entre todos os entrevistados, foram relatadas como sendo dificuldade para realizar o reparo devido a falta de ferramentas específicas, equipamentos que auxiliem a detectar a falha, dificuldade de acesso para realizar o

reparo. Portanto um outro fator importante a ser informado na matriz da tabela 4.2 é quanto a críticas e propostas de soluções feitas pelo envolvidos com o reparo.

Etapa 6: Feedback de campo

Quando o fabricante receber estes dados de campo, a primeira pergunta que ele deve fazer é: “Porque a falha ocorreu e eu não preveni a sua ocorrência?”

A primeira etapa que ele deve realizar para responder tal pergunta é verificar todos os dados obtidos preliminarmente sobre as falhas do produto, antes de ser liberado para o campo. Esta verificação deve analisar os dados obtidos dos métodos de análise do modo e efeito da falha, árvore de falha, dados de testes e outros. O seguinte procedimento deve ser efetuado pelo fabricante, conforme a figura 4.4.

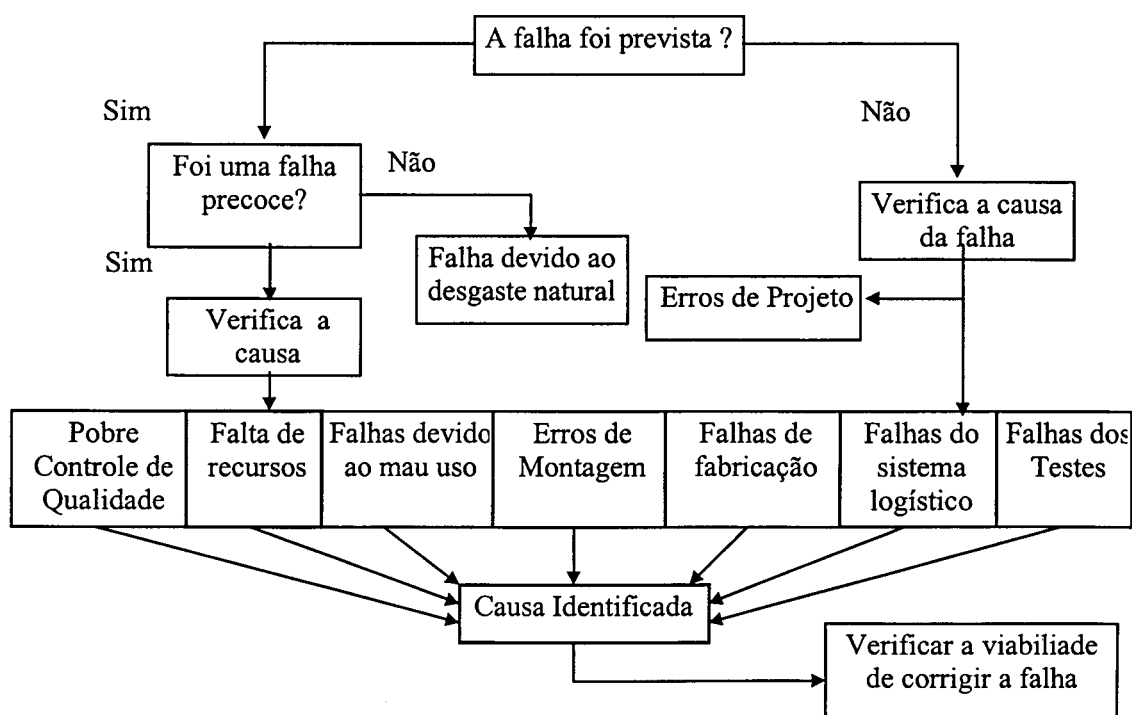


FIGURA 4.4: MÉTODO PARA O FABRICANTE ANALISAR OS DADOS DE CAMPO

Após o fabricante ter identificado a causa da falha, ele deve verificar a viabilidade para corrigi-la.

Analisar a viabilidade para corrigir uma falha, é uma das etapas mais importantes que o fabricante tem que decidir. Os fatores que devem ser levados em consideração pelo fabricante são:

- analisar as perguntas de número nove dez e onze da tabela 4.1, para verificar a insatisfação do cliente com relação a falha, a gravidade da falha e verificar se o cliente pagaria um valor maior pelo produto, caso o fabricante melhorasse a confiabilidade do produto (custo/benefício em termos da vida útil) ;
- verificar como os concorrentes estão resolvendo este problema;
- verificar os custos envolvidos para corrigir a falha;
- fazer uma análise de custo/benefício

Além deste procedimento o fabricante, deve analisar as críticas e propostas de soluções feitas pela assistência técnica quanto ao reparo, obtidos na tabela 4.2.

Um dos problemas pesquisado no estudo de caso com a assistência técnica, é que para o cliente determinados defeitos como barulhos ou ruídos, e outros são falhas, mas para o fabricante esta é uma característica de uma determinada classe de veículos.

Para evitar ambigüidade sobre o que é uma falha, o que é um defeito, o que é uma característica do produto, uma definição do que é uma falha, um defeito, uma característica do produto, assim como a gravidade da falha, devem ser negociadas entre fabricante e usuários e deveriam ser contratualmente obrigadas, a fim de evitar problemas

futuros, principalmente durante as garantias, onde o fabricante tem obrigação com o cliente de reparar ou substituir o item falhado.

4.4 Propostas de Soluções quanto aos fatores operacionais.

A seguir serão feitas recomendações ao fabricante, quanto aos fatores operacionais envolvidos como taxa de uso, mau uso e taxa de potência.

4.4.1 Taxa de uso

As perguntas de número doze e treze da técnica Anamnese (Etapa 1) com o cliente, auxiliam o fabricante a apenas adquirir uma noção sobre a taxa de uso.

Conforme visto no Capítulo 3, existe uma variedade de fatores que influenciam a taxa de uso, e que devido a isto, dificulta a sua avaliação.

Para o caso de um automóvel, como o fabricante avaliaria por exemplo:

- qual a média de vezes que o usuário pisa no pedal de embreagem durante uma determinada quilometragem?;
- qual a média de tempo que ele levaria para percorrer uma determinada quilometragem,

Mesmo que o fabricante conhecesse estes fatores, seria muito difícil de avaliar outros fatores que influenciam a taxa de uso. Por exemplo para o caso da embreagem, como analisaria se o cliente durante uma parada em rampa, se em vez de usar o freio, ele utiliza o sistema de embreagem para manter o carro parado.

Devido a estes fatores que influenciam a taxa de uso, serem difíceis de se avaliarem e de controlar, o fabricante deve amenizar este problema através de:

- fazer recomendações no manual do usuário;
- utilizar a filosofia de projeto robusto.

Para o primeiro item, o fabricante deve fornecer recomendações ao usuário, no manual do veículo, sobre como deve ser operado o veículo e os seus acessórios, de forma a não causar uma sobreutilização sem necessidade. Conforme detectado através da pesquisa de campo, os fabricantes não fazem recomendações deste tipo. Complementando o caso da embreagem, o exemplo abaixo mostra um meio que o fabricante pode utilizar em seus manuais.

“Quando estiver parado em subidas, nunca tente manter o carro nesta posição através do sistema de embreagem, pois isto causa uma utilização do sistema sem necessidade e ocorrerá um desgaste prematuro. Mantenha o carro na posição de ponto morto, e acione o freio de mão”.

Maiores informações sobre como o fabricante e a assistência técnica devem trabalhar para conscientizar o cliente da importância de ler o manual do usuário e de atender as recomendações serão mostradas no item 4.4.2.

A segunda forma seria através da utilização da filosofia de projeto robusto. Para aplicar esta filosofia o fabricante deve entender todos os fatores que influenciam a confiabilidade do produto, a fim de projetar o produto de forma a poder ser operado em todas as condições operacionais possíveis. Os mesmos procedimentos aplicados pelo fabricante como fazer recomendações e utilizar a filosofia de projeto robusto para a taxa de uso, deve ser feita para a taxa de potência.

4.4.2 Mau uso

Conforme já comentado nos itens 2.10.2.1 e 3.9.3, o mau uso é uma forma difícil de se avaliar e controlar quando o produto está na mão do cliente, pois ele é uma questão de uso, interpretação e estilo. O conceito não é absoluto.

Para amenizar este problema, o fabricante deve entender e descobrir os seguintes aspectos:

- descobrir quem são os usuários;
- como cada usuário utiliza o produto no seu dia a dia;

Estes aspectos são importantes, tanto para fazer recomendações no manual do usuário, como para incorporar características no projeto do produto que impeçam que o usuário possa utilizar o produto de forma inadequada.

Embora algumas recomendações sejam dadas nos manuais do usuário, estas não explicam detalhadamente como deve ser uma utilização correta do produto e de seus acessórios. Informações do tipo o que deve e o que não deve ser feito, devem estar contidas no manual do usuário, a fim de evitar confusões futuras durante o prazo de vigência das garantias.

Além de fazer recomendações, o fabricante e a assistência técnica devem atuar em conjunto no processo de reeducação do usuário. Para estimular o usuário a ler tais recomendações, o fabricante, deve desenvolver meios alternativos, como fitas cassetes, cd roon, e outros meios, de forma a facilitar o entendimento a todos os tipos de usuários, visto que existem entre os usuários graus diferentes de instrução e de cultura.

CAPÍTULO V

5.1 Conclusões Finais

Embora existam limitações dos dados de confiabilidade de campo, conforme o item 2.10, o modelo proposto, fornece informações que auxiliarão na estimativa do MTTF (Mean Time to Failure), através da entrevista direta com o usuário para coletar dados do tempo real de ocorrência da falha.

O mascaramento que ocorre com as características da falha durante o reparo, pode também ser amenizado através de um treinamento oferecido pelo fabricante e assistência técnica com os responsáveis pelo reparo. Este treinamento deve enfatizar sobre a coleta destes dados que devem ser registrados na matriz da tabela 4.2

A matriz da tabela 4.1, fornece também dados que informarão o fabricante sobre os fatores ambientais que são característicos de uma determinada região e que podem ter influenciado na ocorrência da falha. Quais fatores ambientais coletar, deve ser uma questão que deve ser analisada pelos engenheiros de desenvolvimento de produto em conjunto com o pessoal responsável pelos testes e através dos dados coletados pela assistência técnica, pois cada produto possui seus fatores que são relevantes.

As matrizes da tabela 4.1 e 4.2 poderiam ser mais completas com relação às perguntas sobre os sintomas da falha e sobre os fatores operacionais (taxa de uso, taxa de potência e mau uso). Porém uma sobrecarga de perguntas ao cliente poderia tanto incomodá-lo quanto congestionar os serviços da assistência técnica. Portanto para verificar a consistência do modelo proposto, um teste de campo seria necessário,

para que este fosse adaptado à realidade. Um teste de campo não foi permitido devido à falta de acesso e tempo para conduzi-lo, deixamos esta tarefa como uma proposta para trabalhos futuros.

Como são vários fatores que influenciam na taxa de uso, o fabricante deve analisar se somente às perguntas de número 13 e 14 da matriz da tabela 4.1, são suficientes para obter informações que necessita para o cálculo do prazo de garantia.

As etapas seguintes do modelo, contidas na matriz da tabela 4.2, são etapas que dependem de treinamento do fabricante e da assistência técnica aos responsáveis pelo reparo. Portanto, para que o modelo seja aplicado eficientemente, cliente, fabricante e a assistência técnica devem questionar todos os itens que fazem parte deste modelo, para que uma melhoria continua possa ser alcançada.

Um plano de implementação também é necessário, para que possa ser feito um treinamento dos responsáveis pelo reparo e um planejamento dos recursos necessários. A seguir algumas sugestões são feitas para a implementação do modelo.

- Conscientizar o cliente da importância dos dados a serem informados por ele;
- Verificar o tempo necessário para realizar o teste de *Anamnese* com o cliente, assim como para os funcionários responsáveis pelo reparo registrar os dados nas matrizes das tabelas 4.1 e 4.2;
- Verificar se o número de consultores técnicos é suficiente, para a aplicação do método de *Anamnese* com o cliente;
- Treinar os responsáveis pelo reparo para que ele possa registrar estes dados de forma clara e precisa;

- Armazenar todo o material fornecido pelo fabricante para auxiliar a detectar o sistema falhado, em local de fácil acesso e de forma organizada;
- Incentivar os responsáveis pelo reparo para que façam críticas quanto ao reparo, assim como proposta de soluções para os problemas encontradas tanto no reparo quanto no produto;
- Verificar a viabilidade de implementar este modelo em forma de banco de dados e que tenha comunicação direta com o fabricante.

Uma nova linha de pesquisa dentro da confiabilidade está surgindo, que é a engenharia de campo. O trabalho aqui analisado e proposto, é extremamente útil para produto onde a qualidade está em primeiro lugar, onde todas as falhas que ocorrem no campo são importantes para evitar ocorrências futuras e corrigir os produtos que já estão em circulação.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

A seguir, será proposto recomendações para trabalhos futuros a serem realizados seguindo esta linha de pesquisa.

- Fazer uma aplicação do método proposto, em conjunto com o fabricante para avaliar a eficiência do método;
- Implementar o sistema em um banco de dados, para que o fabricante receba diretamente da assistência técnica os dados de falha de campo, em uma forma organizada e categorizada;

- Fazer um estudo mais amplo sobre os fatores operacionais que afetam a confiabilidade do produto, e que são difíceis de controlar e avaliar;
- Fazer uma análise sistemática junto às assistências técnicas para avaliar os problemas envolvidos com a confiabilidade do reparo e como a manutenção afeta a confiabilidade do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALABAN, H. S. & KOWALSK, A. R. Field Data: The Final Measure. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium** p. 123-128, 1984.
- BAXTER, A. L. & TORTORELLA, M. Dealing With Real Field Reliability Data: Circumventing Incompleteness By Modeling & interation. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1984, p. 55-261.
- BENTZ W. R. & HUTCHINSON T. L. An Approach to Reliability Growth Without Dedicating Testing : A case History and Some Results. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium** , 1984, p. 458-464.
- BERKE, T. & ZAINO, A. N. Warranties: What are they? What do they really cost?. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p. 326-329.
- BIEDA, J. Reliability Growth Test Management in a Product Assurance Enviroment Within the Automotive Component Industry. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p. 317-321.
- BLASHE, M. K. & SHRIVASTAVA, B. A., Defining Failure of Manufacturing & Equipment. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 69-75.
- BRALL, A. A model for Success in Implementing an R&M Program by a Supplier of Manufacturing Machinery. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 59-64.
- BS 5760: **Reliability of Systems, Equipments and Componentes**. British Standards Institution, London.
- CROW H, L. Franklin H. P., Robbins B. N., Principles of Successful Reliability - Growth Applications. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 157-159.

- DEPPE W. R. & MINOR O. E., Reliability Enhancement Testing(RET).
In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 91-98.
- DUSSAT, B. H. Automated FMEA - Status and Future. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1984, p. 1-5.
- FLETCHER, S. W. in **Tratado de medicina Interna - Princípios de diagnósticos e terapêuticos**, parte 4, pp 69 -125, 9ª edição, Guanabara S.A., R. J., 1993.
- HANSEN K. C. & THYREGOD P. Analysis of contaminated fiels failure data for repairable systems. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p. 604-609.
- HARRIS, N. & O'Connor, P. D.T. Reliability Predictions: Improving the Crystall Ball, In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1984, p. 108-113.
- HELMAN, H. & ANDERY, P. R. P. **Análise de falhas (aplicação do método FMEA e FTA)**, Fundação Cristiano Ottoni, MG, Belo Horizonte, 1995
- HENLEY, E. J. & KUMAMOTO H. **Reliability Engineering and risk assessment**, Prentice-Hall, 1981, pp 1-5.
- KUKKAL, P. et al. Database Design for Failure Modes and Effects Analysis. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1993, p. 231-239.
- LAKEY J. M. Statistical analysis of field data for aircraft warranties. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p. 340-344.
- LINDSLEY, L. M. Results of a Pilot-Survey about Reliability Task Effectiveness, **IEEE Transaction on Reliability**, v.43, N2, june 1994.

- MAJESKE D. K. & HERRIN D. G. Assessing mixture-model goodness-of-fit with an application to automobile warranty data In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1995, p. 378-383.
- MEEKER, Q. W. & HAMADA, M. Statistical tools for the rapid developmenet & evaluation of high reliability products, **IEEE Transaction on Reliability**, v 44, p. 187 - 198, june 1994.
- MILLER, E. P. & MOORE, I. R. Field Reliability Versus Predicted Reliability: An Analysis of Root Causes for the Difference. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p. 405-410.
- MIL-STD-1629 **Failure Mode and Effects Analysis**, Available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.
- MIL-STD-1629A. **Procedures for performing a FMECA**, Washington, D.C. Department of Defense, 1984.
- MIL-STD-810 **Enviromental test methods**, available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.
- MIL-STD-756 **Reliability Prediction, Issue B**, available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.
- MIL-STD-2068 **Reliability Development Tests**. available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.
- MIL-STD-781 **Reliability Qualification and Production Tests**, available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.

MIL-STD-1635 **Reliability Growth Testing**, available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.

MIL-STD-785 **Reliability Programs for Systems and Equipments - Development and Production**, available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.

MIL-HBK-217 **Reliability prediction for electronic systems**. available from the National Technical Information Service, Springfield, Virginia.

MONTGONERY D. C. **Design and analysis of experiments**, John Wiley & Sons, 1984.

NENOFF L. R&M assessment of field operational failures. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1983, p. 011

O'CONNOR, P. D. T. **Practical Reliability Engineering**, New York: John Wiley & Sons Ltda, 1988.

PALUMBO, L. D. et al. A Graphical model based reliability estimation tool and failure mode & effects simulator. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1995, p. 74-81.

PECHT, G. M. Design for Qualification. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1993, p. 1-4.

PECHT, G. M. Reliability predictions: their use and misuse. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 386-389

PIZZO, T. J. & ADIB M. R. Probabilistic FMECA. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 390-395.

PORTO, C. C. **Exame Clínico**, Guanabara, RJ, 1982.

PRIEST, J. W. **Engineering Design for Reliability and Producibility**. New York: Marcel Dekker, 1988.

ROONEY P. J., Customer Satisfaction. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1994, p. 376-381.

ROSS J. P. **Aplicações das técnicas de taguchi na engenharia da qualidade**, Makron Books do Brasil, SP, 1991.

SHARMA, C. T. Systems Engineering - A Paradigma Shift in Achieving Airplane Reliability and Safety. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1995, p. 60-65.

STRACENER, J. & BRENNEMAN E, J. Reliability, Maintainability, Supportability, Initiatives: Contributing to the Competitive Edge. In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p. 137-148.

STRANDEBERG, K. IEC 300: The dependability counterpart of ISO 9000, In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1991, p 463-467.

ZONNESHAIN, A. Assessment of Reliability Prior Distribution, In: **Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1984, p. 44-47.

ANEXOS

**Anexo 1: Lista de tarefas proposto pela Norma IEC - (International
Electrotechnical Commission) para um programa de confiabilidade**

ELEMENTOS	TAREFAS
1-Planejamento e Gerência	Planos de C&M, Gerência de Decisão de Projeto, Gerência de acompanhamentos
2-Contrato	Revisões de Contrato, Ligações representativas
3- Requisitos de C&M	Pesquisa de Mercado e Planejamento de Produto, Especificações, Revisões e Alocações dos Requisitos
4-Engenharia	Engenharia da Confiabilidade, Engenharia da Manutenibilidade, Engenharia de Suporte da Manutenção, Engenharia de Testes, Engenharia de Fatores Humanos (Ergonomia)
5-Produtos fornecidos externamente	Produtos fornecidos por Fornecedores Externos
6-Análise de Projeto, Predições e Revisões de Projeto	FMEA, Arvore de Falha, Análise de Stress e Carga, Análise de Causa-Consequência, Predições, Análise de Trade-offs, Análise dos Riscos e Revisões de Projeto
7-Verificação, Validação e Testes	Planejamento, Teste de Vida, Teste de Confiabilidade e Manutenibilidade, Testes de Crescimento da Confiabilidade, Testes de Produção, Testes de Aceitação, Burn-in e Triagem de Stress Ambiental.
8-Programa do Custo do Ciclo de Vida	
9-Planejamento de Suporte da Manutenção	Planejamento, Instalação, Suporte de Serviços, Engenharia de Suporte, Otimização de Peças de Reposição.
10-Controle de Mudanças	Programas de melhorias, Aquisição de dados, Análise dos Dados

Anexo 2:: Tarefas do programa de confiabilidade e a fase do ciclo de vida de aplicação,
utilizado pela General Motors

Matriz Genérica do Programa de C&M					
FASES	1	2	3	4	5
Requisitos de Confiabilidade	X				
Requisitos de Manutenção	X				
Definição de Falha	X				
Definição dos ambientes	X				
Margem de Projeto		X			
Projeto para Manutenibilidade		X			
Previsão da Confiabilidade		X			
FMEA e Árvore de Falha		X			
Revisões de Projeto		X			
Estudos de Tolerâncias			X		
Análise de Stress			X		
Teste de Qualificação da Confiabilidade			X		
Teste de Aceitação			X		
Teste de crescimento da Confiabilidade				X	
Registro de Falhas				X	
Feedback do campo				X	
1-Concepção 2-Projeto & Desenvolvimento 3- Produção e Instalação 4-Operação 5-Distribuição					


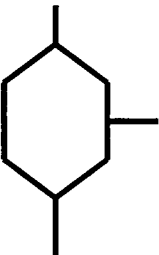



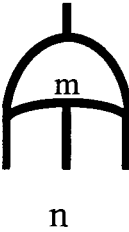
Anexo 4: Pontuações dos índices de ocorrência, severidade e detecção da matriz FMEA

ÍNDICE DE OCORRÊNCIA		
Índice	Probabilidade Ocorrência	Ocorrência
1	Muito Remota	Excepcional
2	Muito Pequena	Muito Poucas Vezes
3	Pequena	Poucas Vezes
4-5-6	Moderada	Algumas Vezes
7-8	Alta	Frequentemente
9-10	Muito Alta	Inevitável

ÍNDICE DE DETECÇÃO	
Índice	Conceito
1	- Probabilidade de Detecção Muito Alta
2-3	- Probabilidade de detecção alta
4-6	- Probabilidade de detecção moderada
7-8	- Probabilidade de detecção pequena
9	- Probabilidade de detecção muito pequena
10	- A falha não pode ser detectada ou as chances são remotas

ÍNDICE DE SEVERIDADE	
Índice	Conceito
1	- Falha de menor importância - Quase não percebida os efeitos sobre o produto ou processo
2-3	- Provoca redução de performance do produto e surgimento gradual de ineficiência
4-6	- Produto sofrerá uma degradação progressiva - Cliente perceberá a falha e ficará insatisfeito
7-8	- O produto apresenta um mau desempenho - Cliente ficará muito insatisfeito
9-10	- Falha é catastrófica e podem ocasionar danos a bens ou pessoas - Cliente ficará muito insatisfeito

Anexo 5: Simbologia para aplicar uma árvore de falhas

	OU	Evento de Saída Ocorre se pelo Menos um dos de entrada ocorrer
	Inibição (condicional)	Evento de entrada só conduz ao de saída se o condicional ocorrer
	E DE PRIORIDADE	Evento de saída ocorre se os de entrada ocorrerem na ordem da esquerda para a direita
	E	Evento de Saída só ocorre se todos os de entrada orrerem
	OU EXCLUSIVA	Evento de saída ocorre se um, mas não ambos de entrada ocorrer
	M EM N	Evento de saída ocorre se M das N entrada s ocorrerem

Anexo 6: Pesquisa enviada pelo fabricante ao cliente para avaliar a satisfação do cliente com relação aos serviços da assistência técnica.

Prezado(a) cliente:

Hoje a nossa preocupação em lhe oferecer o melhor em assistência Técnica é a mesma quando você adquiriu o seu veículo há aproximadamente 20 meses. Sendo assim, pedimos que responda este questionário, uma vez que você, neste período, deve ter utilizado de algum Serviço Autorizado Volkswagen. Responda, mesmo que você não tenha utilizado os serviços da rede. Para nós, é muito importante conhecermos a sua opinião sobre a qualidade dos serviços prestados. Esclarecemos que estas informações são estritamente confidenciais e serão analisadas através do nosso Sistema de Informação de Qualidade - SIQ. O objetivo é assegurar a sua satisfação e nossa resposta à sua atenção, é o nosso Compromisso com a Qualidade.

Gratos por sua colaboração

Autolatina do Brasil S.A. Veículo:

Divisão Volkswagen

Data da venda:

Concessionária:

Emitido Em:

1. Você ainda é proprietário do veículo adquirido há 20 meses atrás?

1 ☐ Sim 2 ☐ Não

Caso sua resposta seja afirmativa, continue por favor, a responder este questionário. Caso contrário envie-o em branco. à Autolatina Brasil S/A, Divisão Volkswagen (o porte já está pago)

2 Qual é a quilometragem atual do veículo em questão? (aproximadamente) _____ Km

3 Foi realizado algum serviço em seu veículo após o término do período de garantia?

1 ☐ Sim 2 ☐ Não

Caso a sua resposta seja afirmativa, onde foi realizado este serviço? (se você teve mais de um serviço realizado, considere o mais recente)

1 ☐ Na concessionária que vendeu o veículo

2 ☐ Em outra concessionária Volkswagen. Qual?

Nome _____

Cidade _____

3 ☐ Oficinas não autorizadas 4 ☐ Centro Automotivos

5 ☐ Auto elétricas 5 ☐ Posto de Gasolina

7 ☐ Outros Favor especificar: _____

4 Numa escala de 1 a 10 marque com um x o seu grau de satisfação com o atendimento prestado pelo consultor técnico (a pessoa que diagnosticou o seu problema e elaborou a ordem de serviço) e com a Assistência Técnica do local onde você realizou o reparo.

a Conveniência/facilidade para marcar a data para o serviço

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

b Quanto Tempo (aproxim. em minutos) você esperou pelo início do atendimento na recepção pelo Consultor Técnico?

☐ Não esperou ☐ De 5 a 10

☐ Até 5

☐ + de 10

c Presteza e cortesia no atendimento

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

d Rapidez e eficácia no diagnóstico do problema do veículo:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

e Rapidez e eficácia no preenchimento da ordem de serviço

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

f Fornecimento de explicação clara sobre o serviço necessário

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

g Grau de conforto oferecido na recepção (mobiliário, serviço de água e café, limpeza, arrumação do local e etc.)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

h Período de duração do serviço

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

i Rapidez/facilidade em obter informações sobre a situação do serviço

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

j O momento da retirada do veículo (entrega com hora marcada rapidez no atendimento, explicação da nota fiscal)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

k Grau de satisfação geral em relação ao atendimento prestado pelo departamento de Assistência Técnica

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5 Alguém contactou para saber se você ficou satisfeito com os reparos executados após a conclusão dos mesmos? ☐ Sim ☐ Não

SOBRE A QUALIDADE DOS SERVIÇOS EXECUTADOS

☐ Já foi concluído e foi executado corretamente na primeira vez sem precisar voltar ao local onde realizou o reparo

☐ Apesar de já ter concluído, foi necessário retornar ao local onde realizou o reparo por falta de peças. Quantas vezes?

☐ Apesar de já ter sido concluído, foi necessário retornar ao local onde realizou o reparo por outro motivo: Qual?

Quantas vezes?

e ☐ O serviço ainda não foi concluído por outro motivo.

Qual motivo?

Há quanto tempo aguarda (dias)?

7 Quando da entrega do veículo, após a execução do serviço, você o recebeu com um cartão Controle de Qualidade dos serviços realizados, preso no espelho retrovisor interno? ☐ Sim ☐ Não

8 O veículo ficou pronto no prazo combinado? ☐ Sim ☐ Não

9 Sobre o preço do serviço?

a) foi necessário pagar pelo serviço executado?

1 ☐ Sim ☐ Somente mão de obra 2 ☐ Não

☐ Somente Peças

☐ Peças e Mão de Obra

(se não passe para a questão 10)

b) Caso sua resposta anterior seja afirmativa, você foi informado antecipadamente do preço do serviço? ☐ Sim ☐ Não

c) Você considera justo o preço cobrado pelo serviço? ☐ Sim ☐ Não

10 Numa escala de 1 a 10 marque com um x qual o seu grau de satisfação em relação a qualidade dos serviços executados.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

SOBRE AS INSTALAÇÕES DO LOCAL ONDE SE REALIZOU O REPARO

11 Marque com um X qual o seu grau de satisfação em relação as instalações do local em questão (alternativa assinalada na modernidade e agradabilidade)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

12 Como você classifica a identificação/padronização visual do local em questão? (Considere placas de rua/estrada com o nome da empresa, identificação do prédio, placas internas de identificação de produtos e serviços e placas internas de sinalização de sinalização direcional que indicam a direção/função dos setores dentro da empresa)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

SOBRE AS FACILIDADES PARA O CLIENTE

13 Quais dos serviços adicionais/facilidades para clientes, abaixo descritos, você utiliza com mais frequência e/ou julga mais importante em relação aos demais:

1 ☐ Serviço Rápido (para execução de reparos até uma hora de duração)

2 ☐ Plantão (finais de semana e feriados ou 24 horas)

3 ☐ Horário estendido (abre uma hora antes e fecha uma hora depois do horário comercial)

4 ☐ Aluguel de veículos

5 ☐ Socorro mecânico (guincho/oficina volante à disposição do cliente)

6 ☐ Cartão de crédito

7 ☐ Serviços leva e traz (transporte para clientes)

8 ☐ Outros Especificar: _____

14 Qual o seu grau de satisfação em relação a oferta de facilidades adicionais pelo local em questão (Considere a variedade de facilidades existentes)

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

15 Caso você os utilize qual a sua satisfação em relação a estes serviços adicionais/facilidades para o cliente

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

SOBRE O LOCAL ONDE REALIZOU OS REPAROS

16 Considerando-se todos os aspectos marque com um x qual o seu grau de satisfação total com o local onde realizou o reparo em questão.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

17 Você recomendaria o local onde você fez o reparo à alguém que necessitasse de assistência técnica

a) ☐ Decididamente recomendaria c) ☐ Provavelmente não compraria um Volkswagen

b) ☐ Provavelmente Compraria um Volkswagen

c) ☐ Decididamente não recomendaria

18 Nos últimos seis meses você recomendou o local onde fez o reparo para alguém que necessitasse ☐ Sim ☐ Não

19 Quando você for trocar o seu veículo atual:

a) ☐ Decididamente compraria um Volkswagen

a) ☐ Provavelmente compraria c) ☐ Provavelmente não recomendaria

Anexo 7: Programa de avaliação da qualidade para o serviço de inspeção de entrega

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE			
Programa de avaliação da qualidade 01: Inspeção de Entrega - Veículo pronto a ser entregue ao cliente			
OS n.	Nº do chassis	Data	Avaliador
Item de avaliação	Condição		
01 Pressão dos Pneus	De acordo com o especificado no manual de instruções/etiqueta adesiva		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
02 Nível do Líquido de arrefecimento	Na marca		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
03 Nível do óleo do motor	Na marca		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
04 Nível do óleo da transmissão automática	Conforme especificações do manual de instruções		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
05 Reservatório de gasolina do sistema de partida a frio	Reservatório abastecido e informação ao cliente pelo CT		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
06 Nível de óleo da direção hidráulica	Conforme especificações do manual de instruções		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
07 Limpadores do para brisa e vidro traseiro palhetas, regulagem dos bicos e abastecimento dos reservatórios	Funcionamento conforme Manual de Reparações (Manutenção)		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
08 Sistema de iluminação total, pisca, buzina, radio, antiembaçante, etc	Funcionamento		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
09 Freio de estacionamento	Regulagem a funcionamento		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10 Limpeza interna	Remoção dos seios do para-brisa, volante, assentos, tapetes e laterais		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
11 Espelhos retrovisores e para sol	Estado, fixação e livre articulação		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
12 Cinto de segurança	Estado fixação e funcionamento dos fechos e enrolador automático		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
13 Orientações gerais sobre o serviço de entrega	Selo de inspeção de entrega preenchido e fixado no canto inferior esquerdo do para-brisa		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
14 Limpeza externa	Manchas acabamentos e aparência geral		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
15 Entrega técnica do veículo ao cliente pelo CT	Explicação do funcionamento do veículo roda sobressalente, ferramentas macaco, triângulo, extintor, literatura de bordo, plano de manutenção e condições de garantia		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Obs:			

Anexo 8: Programa de avaliação da qualidade para serviços gerais

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE**Programa de avaliação da qualidade 02: Serviços Gerais - Veículo pronto a ser entregue ao cliente**

OS n.

Nº do chassis

Data

Avaliador

Item de avaliação	Condição		
01 Orçamento fornecido ao cliente	Utilização da lista de preço A.T. e assinatura do cliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02 Ordem de serviço	Todos os dados do cabeçalho e dados complementares foram completamente preenchidos Nome endereço, telefone do cliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03 Preenchimento dos serviços a serem executados em correta de execução	Na marca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04 Pesquisa de Serviços adicionais não solicitados	Houve pesquisa de serviços adicionais não previstos na OS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05 Informações adicionais	Durante os reparos, quando verificarem-se outras anomalias, elas foram informadas e discutidas convenientemente com o Cliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06 Prazo de entrega	Foi cumprido o Prazo de entrega	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07 Atraso nos serviços/falta de peças	O atraso foi justificado ao Cliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08 Execução dos serviços	Todos os serviços foram executados conforme prescrição da OS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09 Peças originais	O uso e aplicação de peças originais correspondem aos serviços solicitados pelo cliente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Serviços de carroceria	Os serviços correspondem ao orçamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Serviço de carroceria	Qualidade dos serviços funilaria/pintura e acabamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Exame visual	Executar dentro dos aspectos técnicos ou viagem de experiência sempre que necessário	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Estado do Veículo	Limpeza, detalhes de fixação, acabamentos, conforme prescrição na literatura Manual de Manutenções	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Nota Fiscal	Totalmente discriminada e corresponde ao orçamento prévio e ordem de serviço	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Certificado "compromisso com a Qualidade"	Certificado preenchido e assinado, fixado à Nota Fiscal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 Selo - "Serviços Gerais	Preenchido e fixado no canto inferior esquerdo do para brisa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Obs:

Anexo 9: Programa de avaliação da qualidade para os serviços de manutenção

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA QUALIDADE			
Programa de avaliação da qualidade 03: Manutenção - Veículo pronto a ser entregue ao cliente			
OS n.	Nº do chassis	Data	Avaliador
Item de avaliação	Condição		
01 Sistema de iluminação total pisca e buzina	Funcionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
02 Limpadores de Para brisa e vidro traseiro. Palhetas regulagens dos bicos e abastecimento do reservatório	Funcionamento, regulagem, varredura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
03 Folga de embreagem (pedal)	Conforme manual de reparações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
04 Regulagem dos faróis	Conforme manual de reparações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
05 Mangueira do sistema de arrefecimento	Estado fixação e vazamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
06 Líquido de arrefecimento	Nível do reservatório e coloração do líquido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
07 Correias trapezoidais - tensão estágio	Conforme manual de reparações	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
08 Nível do fluido de freio	Na marca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
09 Freios de serviço e estacionamento	Folga do pedal. Funcionamento do servo freio regulagem da alavanca do freio de estacionamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 Sistema de travamento do capo dianteiro	Lubrificação nas partes superior e inferior, abertura e fechamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 Tubulação do freio -mangueiras e conexões	Vazamentos, danificações e corrosão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 Sistema de escapamento	Danificações, vazamento	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 Pneus	Estado, perfis e pressão	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 Portas, dobradiças, fechadura, máquina de vidro	Conforme plano de manutenção	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 Instrumentos do compromisso com a qualidade	Preenchidos e fixados nos locais predeterminados (Selo e Certificado para nota fiscal)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obs:			